

# Beståndsutveckling i stormskadade granbestånd



**Georg Franke**

Handledare: Per Magnus Ekö och Ulf Johansson

---

Sveriges lantbruksuniversitet

Examensarbete nr 192

Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap

Alnarp 2012

---





# Beståndsutveckling i stormskadade granbestånd



**Georg Franke**

Handledare: Per Magnus Ekö och Ulf Johansson

Examinator: Eric Agestam

---

Sveriges lantbruksuniversitet

Examensarbete nr 192

Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap

Alnarp 2012

Examensarbete i skogshushållning, ingående i  
Jägmästarprogrammet, SLU kurskod EX0709, 30 hp, Avancerad nivå A2E

---





## ABSTRACT

The storm Gudrun in 2005 led to massive windthrow damage in forests in southern Sweden. Since then there has been a growing interest in factors influencing wind damage in above all Norway spruce (*Picea Abies*) stands. Although many other interesting areas still need to be examined. In 2005 there were a lot of stands that suffered different degrees of damage, a lot of these stands weren't cut, but instead left to grow. The future development of these stands is uncertain and the guidelines are unclear. The aim of this Master thesis is to examine the developments that have occurred in several damaged stands on the Swedish west coast since the storm in 2005. To make an accurate prediction of the stand development a tree growth simulator (Prod Mod) was used to simulate future growth. To make sure the simulator was an accurate tool for simulating wind damaged stands the measured growth since 2005 was compared with the simulated growth, with some minor differences as a result. Also the thesis looked into different factors that could influence stand development in stormdamaged stands. Factors such as gap size proved to be of importance but the results from tree dispersal and number of gaps as well as tree vitality proved to be inconclusive.

Stormen Gudrun 2005 ledde till massiva stormskador i skogarna i södra Sverige. Sedan har intresset vuxit för faktorer som påverkar stormskador hos framför allt Gran (*Picea Abies*). Det finns trots detta flera relativt outforskade relaterade områden. Efter 2005 fanns det ett flertal stormskadade bestånd som inte slutavverkades utan lämnades kvar för att växa till en framtida slutavverkning. Vad som kommer att ske med de här bestånden i framtiden är oklart, och forskning som har gjorts ger inga tydliga svar. Syftet med detta examensarbete är att undersöka den utveckling som skett i skadade granbestånd sedan stormen. För att göra detta undersöktes ett flertal provytor i fyra olika bestånd på Tönnersjöheden vid den svenska västkusten. För att göra en säker förutsägelse av beståndsutvecklingen användes en tillväxt simulator (Prod Mod). Simulatorns tillförlitlighet när det gällde skattningar av utvecklingen hos stormskadade granbestånd testades genom att jämföra den skattade tillväxten med den faktiska tillväxten sedan 2005. Resultatet visade små skillnader på beståndsnivå. Avhandlingen tittade även på hur olika faktorer påverkar beståndsutvecklingen hos de skadade bestånden. Luckornas storlek visade sig ha betydelse, i motsats till andra undersökta faktorer såsom gruppställdhet, antal luckor och trädvitalitet som inte gav några entydiga resultat.

*Key words:* Stormdamage, *Picea Abies*, Norway Spruce, Gap development, Tree vitality, Tree growth simulator, Stand Development, PROD MOD.



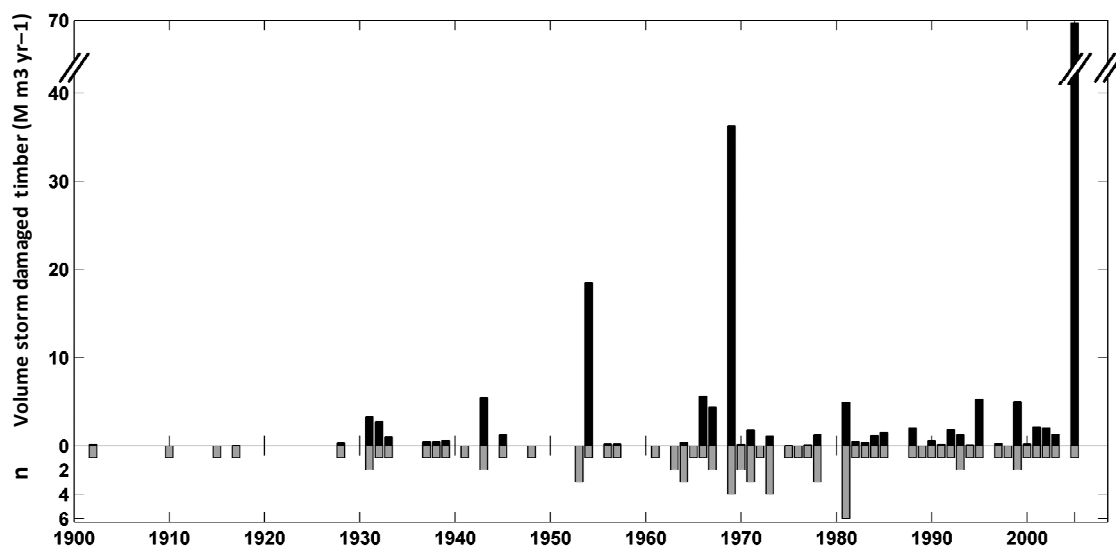
# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>Inledning</b>	<b>6</b>
Bakgrund	6
Rådande Kunskapsläge	6
Luckighet och vitalitet	10
Vad sker med stormskadade bestånd	10
Frågeställningar	11
<b>Material och metoder</b>	<b>12</b>
Val av lokal och material	12
Stormskadornas omfattning	13
Insamlande av data och luckighetsbedömning	14
Tillvägagångssätt för digitaliseringen av träden på cirkelytorna	16
Luckighetsberäkning enligt thiessen	16
Simulering i produktionsmodeller	17
Luckighetsindex	18
Statistisk analys med hjälp av miniTab	19
Extra Inventering av bestånd C	19
<b>Resultat</b>	<b>20</b>
Tillväxt i förhållande till stormskada	20
Simuleringsresultat och luckighetsberäkning	23
Inventeringsresultat från bestånd C	28
Statistisk analys av resultatet	29
Resultat från vitalitetsbedömningen	30
<b>Diskussion</b>	<b>31</b>
Hur har bestånden utvecklats sedan stormen gudrun	31
Framtida utveckling av bestånden	33
Hur påverkar luckorna beståndsutvecklingen	33
PROD MOD som redskap för att skatta beståndsutvecklingen	35
Nuvärdesberäkning	36
<b>Slutsatser</b>	<b>39</b>
<b>Referenser</b>	<b>41</b>
<b>Bilagor</b>	<b>43</b>

# INLEDNING

## BAKGRUND

Stormar i södra Sverige har varit ett problem i över hundra år (Nilsson, m.fl., 2004). De har över åren varierat i intensitet och har drabbat olika stora områden och olika geografiska regioner. Flera av stormarna har ställt skogsägare inför svåra ekonomiska beslut och har medfört förluster i både monetära och estetiska värden. Bara i början av 2000-talet drabbade två svåra stormar södra Sverige, Gudrun 2005 och Per 2007. Dessa stormar orsakade stor förödelse, enbart stormen Gudrun fällde över 70 miljoner kubikmeter skog (Anon, 2006). Risken för att nya stormar inträffar är fortsatt stor men man har inte funnit någon ökande trend (Smhi, 2011)

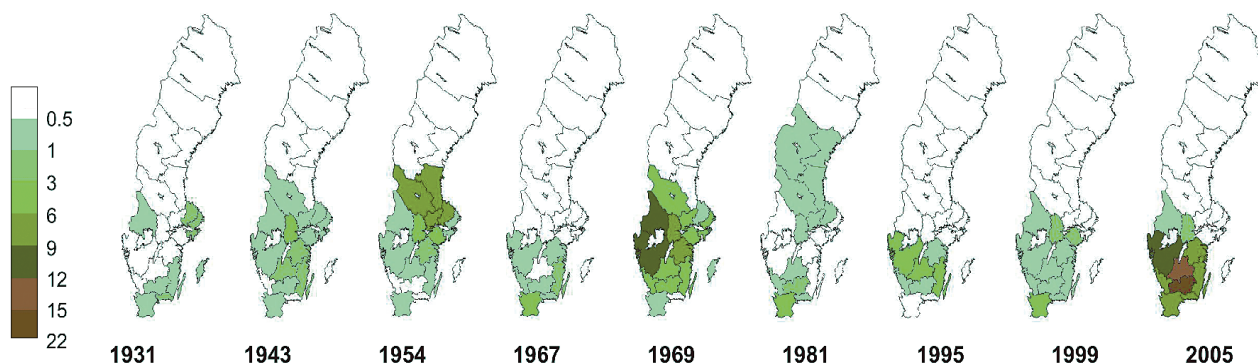


**Figur 1.** Volym stormskadad skog (svarta staplar) och antal stormar (grå staplar) under senaste hundra års period. Modifierad från Schlyter m.fl., 2006.

## RÅDANDE KUNSKAPSLÄGE

Att det finns en betydande stormrisk och att våra ekonomiskt viktiga trädslag löper risk att påverkas av dem har varit känt en längre tid. Redan före stormarna i början av 2000-talet skrevs det mycket om vad som påverkar risken för stormskador. Persson (1975) skrev ett verk där han kunde beskriva hur man kunde använda olika skötselåtgärder för att minska risken för skador på skogen. Han skrev om effekterna som stormar kunde ha på skogen beroende på topografi, markförhållande, trädslag och skötsel. Det visades i hans undersökning att glest planterade förband löpte en lägre risk för storm- och snöskador då träden anpassade sig till en öppnare växtplats. Även att olika trädslag löpte olika stor risk för skador visades men han såg en av de största förklaringarna till detta i att olika trädslag är lämpade att växa på olika platser. Träd som växer på fuktig

och finkornig mark med mindre grov struktur så som sediment och gammal jordbruksmark löpte en stor risk för skada vilket var en stor del av förklaringen till skillnaderna mellan framförallt gran och tall. Vidare visade han på ett samband mellan virkesförråd och stormskador, där ett ökat virkesförråd ledde till större skador på skogen i samband med storm. Att virkesförråd och höjd korrelerar med stormskador anses vara en av de största förklaringarna till det stora antalet stormfällda skogskubikmeter som stormen Gudrun orsakade.



**Figur 2.** Visar årlig stormfälld skog på länsnivå i millioner kubikmeter. De nio värsta stormarna över de senaste 100 åren. Modifierad efter Nilsson m.fl., 2005.

En uppmärksam rapport, Valinger & Pettersson, (1996) visade på att gallring och olika gallringsintensitet tydligt påverkar stormfastheten. Risken för att skogen skulle skadas av storm efter en gallring avtog med tiden och var mindre vid en tidig och lågintensiv gallring jämfört med en gallring utförd sent i ett bestånds omloppstid eller en mycket intensiv gallring. Detta visade även Per Persson. Även vilka träd som togs ut vid gallring kunde påverka hur stora vind och stormskador ett bestånd fick efter ingreppet. Att ta ut större och "buskigare träd" (s.k. Vargar) för att främja kvarvarande trädskvalité kunde ha negativa konsekvenser då det kvarvarande beståndet i längden kom att bestå av höga men smala träd vilka löper stor risk för att bli skadade av vind. Persson (1975) kunde även han visa på en ökad skaderisk vid gallring men också att denna gick tillbaka kraftigt också vid intensiva gallringar redan efter sex tillväxtsåonger. Ett liknande resultat fick Lohmander & Helles (1987), det förklarades med att träd snabbt anpassade sig till den nya friställningen och allokerade tillväxtresurser till kritiska punkter i trädet och därigenom främjade stabiliteten.

I flera av våra grannländer har forskning gjorts inom området, bl.a. Danmark och Tyskland har legat långt framme. I Danmark gjorde man också tidigt flera viktiga undersökningar som berörde stormkänslighet och trädslag samt olika samband mellan skötsel och risk för stormfällning. Flera rapporter om hur man ska sköta barrträden för minskade stormskador har Christian Nørgård Nielsen gjort bl.a. Nørgård Nielsen (2001) och Nørgård Nielsen & Larsen (2001). Nørgård Nielsen (2001) visade att det går att

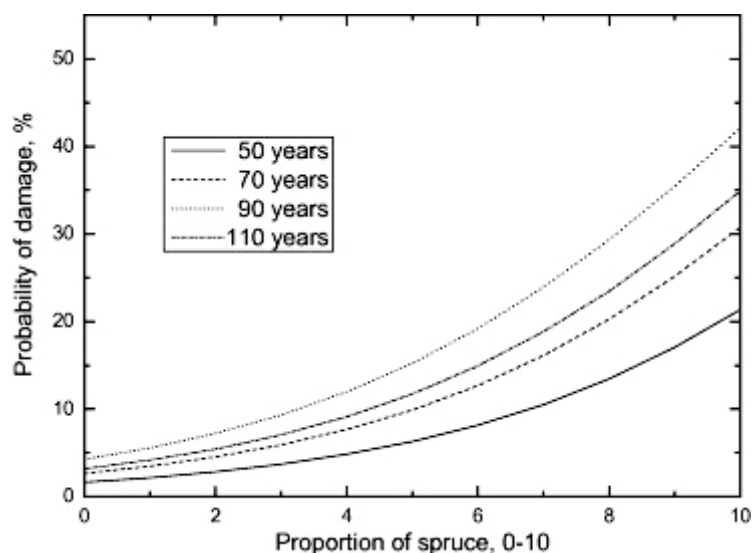
minska skaderisken på barrträd i det undersökta området till 20 % av de nuvarande nivåerna om man genomförde ett antal åtgärder. Det var viktigt att tänka på skogen ur ett landskapsperspektiv för att upptäcka riskområden där det var lämpligt att vidta speciella skötselåtgärder. Dessa åtgärder var att man anpassade sin skötsel till rumsliga stabiliseringsåtgärder, genom att exempelvis anlägga skyddande korridorer med stormfastare träd i utkanten av beståndet (ca 3-4 rader med ett långt avstånd mellan träden för att senare plantera tätare och tätare för att skydda de inre delarna). Han menade dock att det inte var rimligt att sköta skogen med det enda eller största målet att förhindra stormskador, då detta skulle vara ologiskt ur både ett skötsel- och ur ett ekonomiskt perspektiv. Han menar dock att de kan vara en god ide att vidta skyddande åtgärder på särskilt utsatta delar där åtgärder är enkla att genomföra.

Nørgård Nielsen & Larsen (2001) undersökte blandskogar i avseende att undersöka stormfastheten. De visade att i undersökta bestånd där löv och barrträd var likåldriga var det ofta granen som löpte störst risk för stormskada. De visade att ifall granen planterades med björk så var risken stor att björken skyddade granen på sommaren vilket i förlängningen ledde till att granen var mindre motståndskraftig till vintern. Detta blev extra allvarligt då de flesta stormskador på gran sker under vintern. Även andra skador på granen var vanligare i blandade bestånd. Dessa skador inkluderade skador som piskning från björk vilket ledde till brutna grenar eller toppar på granarna och det i sin tur gav försämrad tillväxt och kvalité. Rapporten visade att skog som var heterogen i både ålder och trädslag ofta var mer stormfast och att stormtåliga individer i varje art var de som blev kvar efter att vinden sållat ut de mer känsliga träden. Att sköta en skog med bibehållen heterogenitet både före och efter skötselåtgärder var dock både komplicerat och dyrt.

#### *Följderna av Stormarna 2005 och 2007*

De allvarliga följderna utav stormarna 2005 och 2007 gav skogsskötsel frågan ett förnyat intresse och flera avhandlingar följde i dess fotspår bl.a. Valinger & Fridman (2011). Där gick man igenom de faktorer som kan ha påverkat att stormarna orsakade så svåra skador. Man fann att skog som dominerades av gran löpte en större risk att stormskadas jämfört med rena löv och tallbestånd. Samtidigt var även ålder och höjd två viktiga faktorer som förklarade stormskaderisken. Risken att gran skulle fällas av storm ökade fram till att beståndet nått en ålder på 90 år, vid 110 år hade risken återigen minskat. Detta förklarades med att gran vanligtvis har uppnått sin högsta höjd vid 90 år och att träden därefter lägger resurser på att stabiliserar sig.





**Figur 3.** Sannolikheten för stormskada vid åldrarna 50,70,90 och 110år. Figuren visar även hur andelen gran påverkar skaderisken. Hämtad från Valinger & Fridman( 2011).

I motsats till Nørgård Nielsen & Larsen (2001) så fann man att en inblandning av löv kunde minska risken för stormskador och man hittade indikationer på att om man lämnade löv vid röjning så kunde man få ett stormfastare bestånd.

Även skogsstyrelsen släppte flera rapporter som en direkt konsekvens av stormarna (Valinger, m.fl., 2006, Agestam, m.fl., 2006 och Bergquist, 2009). Många sakkunniga experter med olika expertisområden inom skog var del utav utformningen av dessa. Rapporterna tog upp en rad aktuella aspekter som var viktiga i spåren av stormarna. Bl.a. Gjordes det en omfattande undersökning om riskfaktorer inblandade vid stormar, hur de påverkade skogen och i förlängningen den svenska ekonomin och sociala välfärden. Att stormar skulle kunna ha en så långtgående effekt förklarades med att skogen i Sverige är av stor ekonomisk betydelse (Valinger, m.fl., 2006).

En av dessa rapporter (Agestam, m.fl., 2006) ägnar stora delar åt akuta problem så som svårigheter vid nyplantering på tidigare stormfälld mark samt hur man skulle kunna minska risken för stora angrepp av granbarkborre då det fanns mängder av lämpligt substrat i skogen. Men den ägnade även utrymme åt problem i den nära framtiden som ett stort förestående röjningsberg. Som en direkt konsekvens av de stora arealer hyggen som bildades efter stormarna. I samma rapport skrevs det också om följderna av de stora stammarna av vilt som finns i de sydsvenska skogarna och hur dessa påverkar förnygrings kostnader och i förlängningen också trädslagsval.

Valet utav trädslag och den stora dominansen av gran (*Picea Abies*) i södra Sverige blev efter stormen omdiskuterat. Att granen kan vara känslig för stormar finns beskrivet i en rad undersökningar bl.a. Per Persson, 1975, Nørgård Nielsen, 2001.

På flera håll började man att ifrågasätta granens framtida lämplighet i södra och framför allt sydligaste sverige. Det sades att i ett varmare klimat där man kan räkna med fler torrperioder (Schlyter m.fl., 2006) kunde man också räkna med större risker. Trots en medvetenhet om problemen var det svårt att se en större förändring i attityden hos privata skogsägare som fortsatt såg granen som ett säkert kort och som ofta valde att ha kvar ett trädslag där skötseln är relativt enkel och kanske framför allt där skötseln är välkänd (Olofsson, 2006).

#### *LUCKIGHET OCH VITALITET*

Oftast ger stormfällning i ett bestånd upphov till någon form av lucka. I luckan har träden fällts i en större eller mindre grupp. De träd som fälls kan vara helt slumpmässigt fällda träd eller träd som står i exponerade lägen, men det kan också vara träd som påverkats av någon form av skada. Ofta ser man granar med rotröta som faller tidigt i en storm, andra faktorer som insektsangrepp och en lokalt ogynnsam växtplats är också sådant som spelar in om trädet faller eller ej. Att det är mest träd som redan är skadade som faller kan tyckas gynnsamt, problemet är dock att när ett träd i ett någorlunda välslutet bestånd faller drar det ofta med sig andra träd, alternativt skadar dem. Dessa sekundärt skadade träd kan vara skadade sedan tidigare, eller fullt friska, vilket gör att trots att det främst är träd med nedsatt vitalitet som fälls i första läget påverkar det ofta även fullt friska träd i andra läget. När väl en lucka har uppstått är träden runt luckan utsatta för extra stress genom ökad vindexponering, detta kan leda till uttorkning nedsatt vitalitet och risk för insektsangrepp. Att träd i kanterna på en lucka initialt är i sämre skick leder ofta till att luckorna expanderar, särskilt om det skadade beståndet ligger i ett vindexponerat läge (Worrall, m.fl., 2005). Skador som ofta inte syns men som är ett känt fenomen i stormskadade bestånd är rotryckthet. Det innebär att trädet när det utsatts för kraftiga vindar dragits upp en bit ur jorden och kanske även brutit en del rötter under jorden. Trädet står dock kvar och är till synes oskadat. Detta fenomen kan vara mycket svårt att upptäcka och leder ofta till både lägre tillväxt och sämre kvalitet (Nørgård Nielsen, 2001).

#### *VAD SKER MED STORMSKADADE BESTÅND*

Att fortsätta med gran är alltså en kalkylerad risk som de flesta skogsägarna tycks vara villiga att ta. Ofta växer granen bra på de flesta marker, men på marker där den inte växer lika bra eller som är direkt olämplig sätts också mycket gran. Ofta är detta på grund av att lämpligare trädslag för ståndorten betas hårt och de stora kostnader det innebär att förhindra betning. Det har i sin tur lett till att stora arealer återplanterades med just gran på de hyggen som blåste ner i stormarna och där det redan tidigare stod gran.

När ett bestånd blåst ner helt är valmöjligheterna begränsade, det gäller att ta ut liggande och skadade träd och så småningom plantera nytt. Men det finns också områden där bara delar av skogen blåste ner, och det ofta i form av små eller stora luckor eller bara enstaka träd. Vad som sker med de här bestånden som redan har blivit

skadade och den fortsatta skötseln och kanske framförallt den fortsatta tillväxten har inte undersökts i någon större omfattning.

I ett försök att avgöra huruvida man bör låta skadade bestånd stå kvar efter stormen 2005, gjorde Eric Agestam en nuvärdesberäkning baserad på provytor som ingått i långtidsförsök på SLU. I experimentet användes procent stormskada i ett bestånd och jämfördes med uttags procent vid en gallring (Agestam, m.fl., 2006). I de här kalkylerna visade det sig att beståndet skall vara mycket svårt skadat innan det lönar sig att avverka direkt och plantera nytt. Detta gällde särskilt i yngre bestånd, men i lägre utsträckning bestånd som var nära slutavverkning. Alltså var det ekonomiskt klokast att låta bestånden stå kvar till en ny optimal slutavverkningstid. Denna nya slutavverkning låg något längre fram än slutavverkning direkt efter stormtillfället.

Problemet med de beräkningar som gjordes var att de baserades på gallringsmodeller som baserats på rikskogstaxens inventeringsytor och som i regel gallrats enligt gängse metoder (hög/låg gallring etc.) och där det skett ett medvetet urval av de träd som tagits ut. De träd som blivit kvar har i sin tur egenskaper som är eftertraktade hos framtida huvudstammar. I en storm är det dock mycket osannolikt att de skadade och fällda träden är jämt spridda över beståndet och att de har egenskaper som ej är önskade.

#### *FRÅGESTÄLLNINGAR*

Det har nu gått 6 år sedan stormen och därmed har det uppstått möjligheter att studera den utveckling som har skett i de skadade bestånden. Frågor som dyker upp är: Hur blir den fortsatta utvecklingen av ett stormskadat bestånd, kommer de kvarvarande träden kunna kompensera tillväxten för de träd som försvunnit? Gallringsförsök visar tydligt att man kan gallra relativt hårt i gran innan några betydande tillväxtförluster kan ses Nilsson m.fl., (2010), kan luckighet som orsakas av storm jämföras med en gallring? Hur växer egentligen träd i närheten av en lucka?

Det finns en tydlig avsaknad av forskning om hur stormskadade granbestånd utvecklar sig. Att få klarhet i dessa frågor är sannolikt av stort intresse för de skogsägare som drabbats men ej vet vad de ska ta sig till med ett sådant bestånd. I det här arbetet skall det försöka bringas klarhet i en del av frågorna om hur stormskadade bestånd utvecklas.

Frågorna som jag främst strävar efter att besvara är:

- Hur ser produktionsutvecklingen ut hos olika svårt stormskadade bestånd av gran?
- Hur påverkas vitaliteten på de träd som står kvar?
- Kan man använda gallringsmodeller för att förutsäga hur ett stormskadat bestånd kommer att utveckla sig?
- Hur påverkar luckor beståndsutvecklingen?

# MATERIAL OCH METODER

## VAL AV LOKAL OCH MATERIAL

För att få en bra statistisk grund samlades data in från ett flertal ytor med varierande ålder, bonitet och olika grader av stormskada (Figur 4).

För att få data från stormskadade bestånd behövdes ytor som hade blivit skadade under stormen från 2005 och som har hållits under observation sen dess. Lämpliga ytor från långtidsförsök som sparades för just detta syfte fanns på Tönnersjöhedens försökspark i Hallands län i sydvästra Sverige. Detta område är känt för att vara utsatt för mycket vind och drabbades också av stormen Gudrun och Per. De ytor som undersöktes på försöksparken har tidigare varit del av olika förbands- och röjningsförsök, senare har de övergått till att bli gallringsförsök.

Ytorna är totalklavade sedan tidigare och man har även mätt höjd för utvalda provträd samt undersökt utvecklingen (produktion, skador) för varje yta. På alla ytor som undersöktes är varje enskilt träd numrerat och man har således individuella träddata. Data finns även för träd som blivit bortgallrade stormfällda o.s.v. Grundyta, ålder, diameter, bonitet och exakt lokalisering finns för alla ytor. Data har uppdaterats kontinuerligt så kunskapen om vad som hänt tidigare på ytorna var god. Bestånden har olika beståndshistorik och har anlagts med avsikt att användas i forskningssyften så som förbandsförsök och gallringsförsök. Detta innebär att delar av samma bestånd kan skilja sig mycket i både utseende och tidigare skötsel.

**Tabell 1.** Undersökta försök, tidigare behandlingar och beståndsdata.

Försök nr	Bestånd	Tidigare försöks-användning	Antal ytor (st)	Ålder (År)	Ståndorts index (m)	Ytstorlek (ha)	Typ av provyta	Huvud-trädslag
8228	A	Förband/ Gallring	14	44	31,3	0,0314	Cirkel	Gran
8229	B	Förband/ Gallring	12	44	31,7	0,0314	Cirkel	Gran
8083	C	Förband/ Gallring	3	58	32,2	Ca 0,1	Rektangulär	Gran
8173	D	Gallring	15	54	33,9	0,0314	Cirkel	Gran

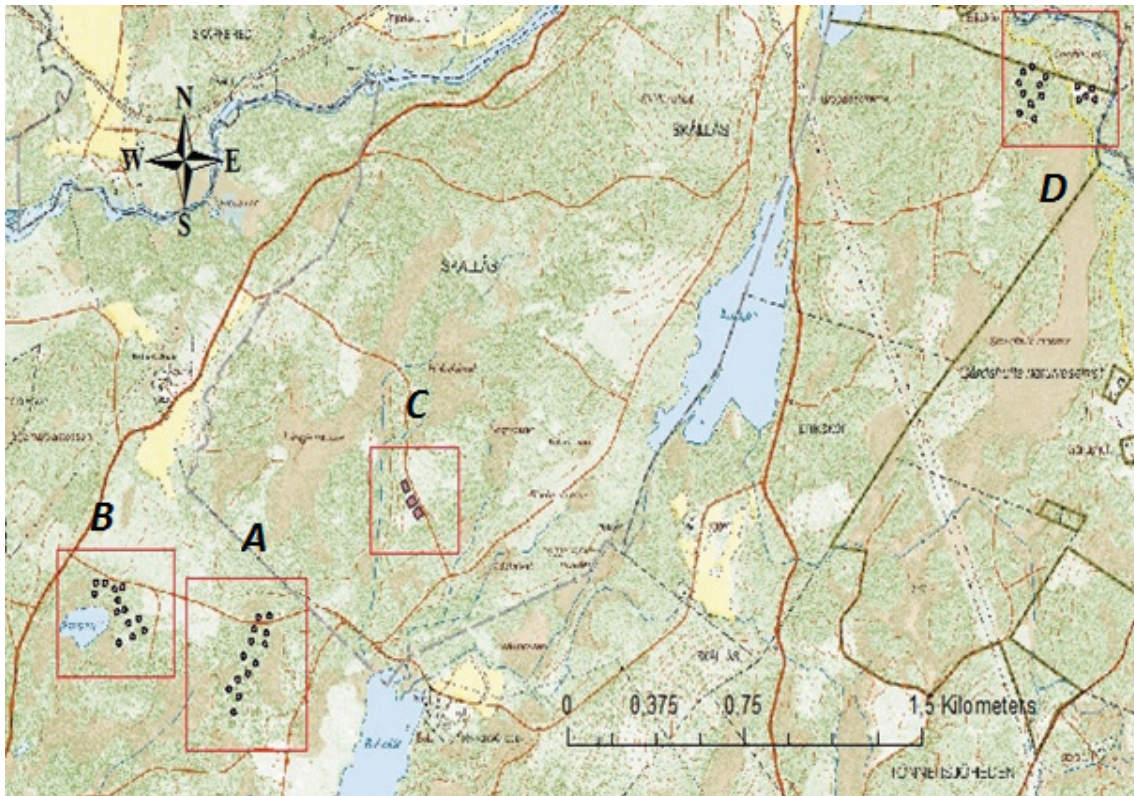
## *STORMSKADORNAS OMFATTNING*

Bestånd A var måttligt stormskadad med många små luckor i beståndet och inga luckor som var större än 66% av ytan. Här fanns det ej heller några helt nerblåsta ytor. Dock var skadorna spridda över i stort sett hela beståndet, bara två av ytorna var helt oskadade (Tabell 2a och 2b). Ytorna ligger i relativt plan terräng med ett flertal mindre myrar som gränsar till beståndet. Inga större hyggen eller sjöar ligger i direkt anslutning till beståndet.

Bestånd B var det försök där det var mest stormskador. Skadorna var på sina ställen svåra, en yta var helt nerblåst och flera ytor har mindre än 33% täckt av stående träd. Stormskadorna var ojämnt fördelade och delar av beståndet var nästan helt oskadade (Tabell 2a och 2b). Alla ytor ligger i relativt plan terräng, vissa ytor gränsar mot en mindre sjö där det hade uppstått flera större luckor. Det finns även ett flertal mindre myrar som gränsar mot beståndet. Norr om beståndet ligger ett stort ungskogsbestånd som vid 2005 kan ha varit ett hygge.

Bestånd C har stora stormskador, stora delar av yta 1 och 3 blåste ner medan yta 2 klarade sig något bättre (Tabell 2a och 2b). Ytorna ligger nära toppen av en sluttning och yta 1 ligger helt oskyddat mot ett stormhygge.

För bestånd D interpolerades resultat för varje enskild yta, då de data som fanns var uppdelat på avd 1,2 och 3 och det fanns 5 ytor för respektive avdelning. Överlag klarade sig beståndet relativt bra från stormskador. Dock var det lokalt stora skador, yta 3 och 4 blåste ner helt medan stora delar av resterande provytor är helt oskadade. Stora luckor återfinns i ytorna 2, 5, 8 och 14. Ytorna 7,9,10,11,12 och 13 hade inga stormskador och saknade luckor, de ritades därför inte av i fält (se nedan), (Tabell 2a och 2b). Ytorna 1-5 låg på toppen av en kulle medan resterande ytor låg längre ned längs en sluttning. I övrigt ligger beståndet i väl sluten medelålders eller gammal skog.



**Figur 4.** Provytornas lokalisering på Tönnersjöheden . Från vänster de undersökta bestånden B, A, C och D.

#### *INSAMLANDE AV DATA OCH LUCKIGHETSBEDÖMMNING*

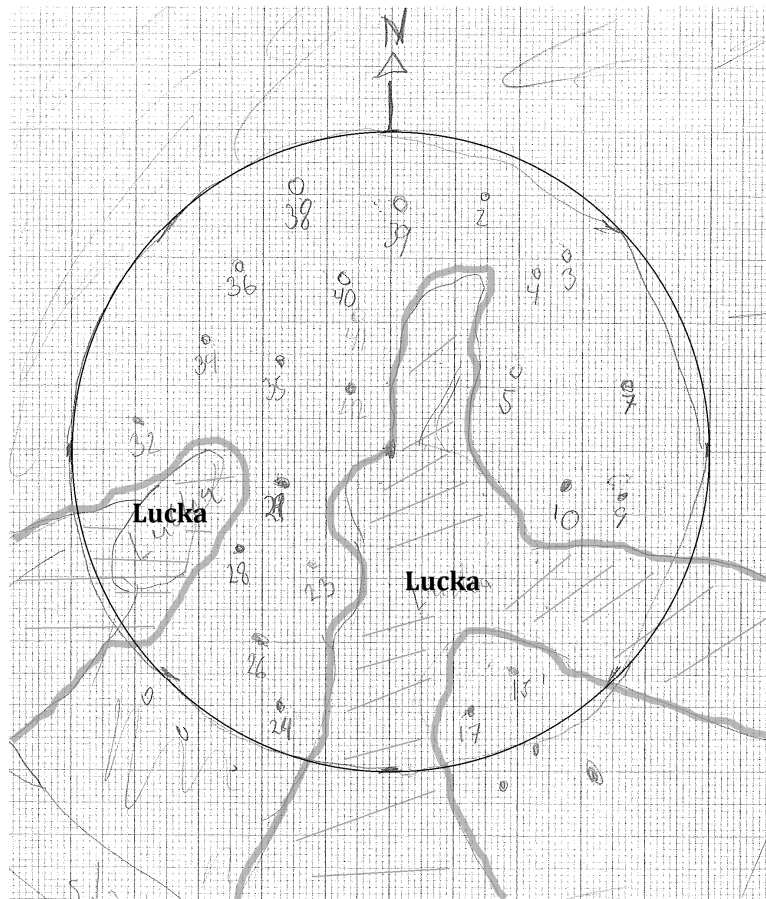
För att undersöka vad den eventuella skillnaden mellan tillväxten i ett stormskadat bestånd och ett gallrat bestånd beror på, studerades luckigheten i bestånden.

Tillvägagångssättet var:

- Provytorna ritades av på ett mm-papper så att varje träds position inom provytorna kunde bestämmas.
- Trädens position i fält bestämdes genom stegning och/eller användande av måttband.
- Omgivande bestånd i direkt anslutning till provytan ritades av grovt
- Trädens vitalitet bedömdes baserat på färg på barr, barrförlust samt tydliga skador som öppna sår och toppbrott
- Skattning av hur stora luckorna var på varje yta noterades direkt i fält och räknades i % utav hela ytan



Senare skattades även luckornas storlek och antal ifrån uppritningarna på pappret (Figur 5 och Bilaga 2). Genom att använda milimeterpappret som bakgrund och den utritade luckan som kanter var det relativt lätt att skatta luckans storlek. Huruvida det var en lucka eller ej avgjordes i fält med hjälp utav föteckning över ytans utveckling. För att avgöra om en lucka hade blivit till på grund av stormen eller på grund av andra faktorer som gallring eller som en del av tidigare förbandsförsök användes den erhållna förteckning över bestånden där alla händelser fanns registrerade. Enbart luckor som uppstått på grund av stormen räknades vid den subjektiva bedömningen och har beaktats i analysen.



**Figur 5.** Yta 23 från Bestånd A. Det som är grönmarkerat är luckorna som ritades in i fält och som använts för att få fram luckstorlek i resultatet. På den här ytan noterade två luckor och <33% lucka totalt utav ytans storlek.

### *TILLVÄGAGÅNGSSÄTT FÖR DIGITALISERINGEN AV TRÄDEN PÅ CIRKELYTORNA.*

För vidare bearbetning av luckighetsinformationen som insamlades i fält var det nödvändigt att digitalisera ytorna. Detta gjordes av flera anledningar, för att utföra beräkningar på hur stor del av ytorna som var täckta av luckor och för att göra en bättre produktionssimulering med PROD MOD. Genom digitalisering elimineras en osäkerhetsfaktor, eftersom det vid en okulär bedömning utav luckigheten finns en viss subjektivitet, både vid inmätning och vid bedömning. Genom att digitalisera blev materialet något säkrare.

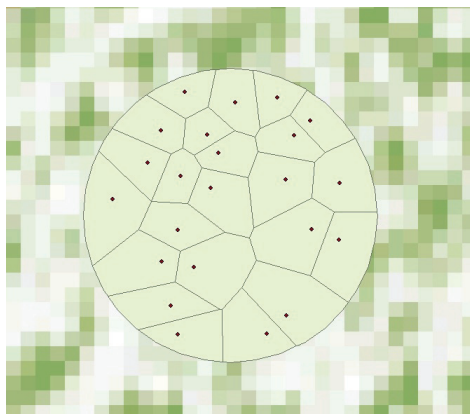
### *LUCKIGHETSBERÄKNING ENLIGT THIESSEN*

En översiktlig beskrivning av digitaliseringsprocessen följer nedan, hela tillvägagångssättet finns bland bilagorna (Bilaga 1).

- Skapa nya lager i Arc Catalog
- Punkta ut trädens positioner, ytvis i ARC MAP
- Tilldela alla träd och ytor ID
- Gör Luckighetsberäkningar med hjälp av Thiessen polygoner.

Nedan i Figur 6 visas hur resultat ser ut vid Thiessen beräkningarna. Thiessen beräkningarna baseras på arean som varje träd har i förhållande till sin närmaste granne, den liknar mycket "nearest neighbour metoden". I resultatet studeras nedanstående kvot:

$$\frac{(\text{Thiessenvärde efter stormen})}{(\text{ett beståndsmedel för Thiessenvärdet före stormen})}$$



**Figur 6.** Digitalisering och thiessenberäkningar för yta 23 bestånd A, samma yta som i Figur 5. Man ser tydligt trädens positioner, som är utmärkta med punkter.

### *SIMULERING I PRODUKTIONSMODELLER*

För att skatta framtida beståndsutvecklingar användes en väl beprövad tillväxtsimulator grundad på data från riksskogstaxeringens material (Ekö, 1985). Simulatoren är implementerad i datorprogrammen PRODMOD och DT som utvecklats vid Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap. Aktuella data som behövs i modellen avseende höjd, ålder samt nedan använda värden erhöles från Tönnersjöhedens försökspark.

Uppmätta värden som användes i ProdMod:

Historik

- Gallrat de senaste fem åren, tidigare än för fem år sedan, respektive ogallrat

Beståndsdata:

- stamantal
- grundyta
- Ålder
- Trädslagsfördelning

Som utgångsår användes åren 2003 och 2004 för bestånden A och B. För beståndet C användes startåret 2001 och för D användes 2005.

Ståndortsegenskaper:

- Ståndortsindex
- Vegetationstyp
- Markfuktighet
- Breddgad
- Höjd över havet

En gallring för att simulera storm gjordes vid prognosperiodens start. En period motsvarar 5 år, och gallringen beräknas bli gjord i början av perioden.

- Gallringen som simulerades för varje yta motsvarade så mycket som hade blåst ner i stormen. Detta angavs i procent av stamantalet och av grundytan.
- På de ytor som både gallrats och där uttag av stormskada skett räknades dessa ihop som en gallring.
- På gallrade ytor där det inte stormfällts några träd alls eller där det inte skett någon gallring under perioden simulerades gallringen exakt som den angavs i statistiken, dessa användes som referensytor.

Det som ansågs som intressantast för undersökningen är beståndsutvecklingen, därför var den löpande tillväxten av stort intresse och hur den löpande tillväxten skiljde från prognosen under undersökningsperioden samt hur den sannolikt ser ut i den nära framtiden.

För de ytor där den senaste inmätningen skedde efter 2007 och där det ej gick att få årtalen att passa med PRODMODs fem års period interpolerades värdet fram.

### LUCKIGHETSINDEX

Ett vanligt sätt att analysera luckighet är att använda ett luckighetsindex. Detta för att få ett mått på hur träden är fördelade över ytan. Hur träden står grupperad kan i sin tur vara en viktig förklaringsfaktor för vilka produktionsvärden som har uppmätts på ytan.

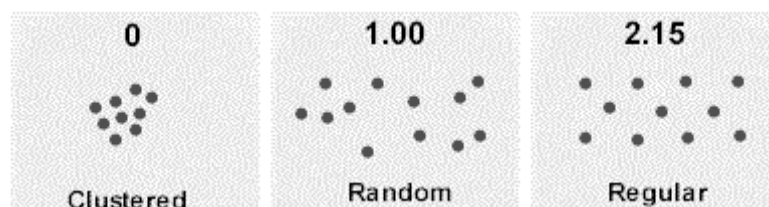
Under analysen användes ett luckighetsindex som konstruerats av Clark & Evans (1954). Detta index är uppbyggt på det observerade avståndet till närmaste granne för varje träd inom ytan s.k. Nearest neighbour.

Luckighetsindex enligt Clark & Evans (1954):

$$R_n = \frac{\bar{D}(\text{Obs})}{0.5 \sqrt{\frac{a}{n}}}$$

- $R_n$  är luckighetsindex värdet
- $\bar{D}(\text{Obs})$  är det genomsnittliga antal meter för observerade närmaste granne
- $a$  är storleken på provytan i  $\text{m}^2$
- $n$  är antalet observerade träd

Genom att använda värden för avstånd mellan träden kan man beräkna hur grupperade träden står. Detta sker på en skala från 0-2,15 där 0 är helt gruppställt och 2,15 är helt hexagonalt fördelat d.v.s. alla träden på ytan är helt jämt fördelade. Värdet 1,00 blir då en helt slumpmässig fördelning över ytan (Figur 8).



**Figur 7.** Visar fördelningsskalan för värdet genererat med Clark & Evans index (1954). (Barcelona field study centrum, 2012)

### *STATISTISK ANALYS MED HJÄLP AV MINITAB.*

För vidare analys av de värden som framkommit i fält och med hjälp utav tillväxtsimuleringarna använde jag MiniTab. För att kunna föra över värden till minitab på ett bra sätt fördes först alla värden över till ett excelark och kontrollerades så att värdena stämde med ytan.

Vissa parametrar fick ges värden som kunde accepteras av programmet såsom luckighetsprocent som fick värden 0-3. Värdet noll innebar inga luckor, värdet 1 = <33% lucka, värdet 2= 33-66% lucka och värdet 3= > 66% lucka. Även antal luckor fick ges kategoriska värden på samma sätt.

De beroende variabler :

- Grundytetillväxt
- Uppmätt tillväxt
- Simulerad tillväxt

De oberoende variabler som testades som förklaringsmöjligheter:

- Antal luckor
- Luckighetsklass
- Luckighetsindex
- Genomsnittlig area per träd

Tillvägagångssättet var att jag först testade var och en av de oberoende variablerna mot mina beroende variabler. Sedan provade jag olika kombinationer av dessa.

### *EXTRA INVENTERING AV BESTÅND C*

För att få en jämförelse av hur bra PROD MOD fungerar på provytorna lades även 20 inventeringsytor ut i bestånd C och användes sedan i PROD MOD för att jämföras med de fasta provytorna. De simulerades sedan 5 år framåt från 2011. Storleken på inventeringsytorna var 5,64m och de lades ut med 15 meter mellanrum över hela beståndet. Inventeringsvärden som inhämtades var:

- Diameter (genom korsklavning)
- Stamantal
- Trädslag

## RESULTAT

### *TILLVÄXT I FÖRHÅLLANDE TILL STORMSKADA*

De undersökta bestånden visade sig ha stor skillnad i stormskador och tillväxt. Bestånden A och B som är likåldriga och ligger relativt nära varandra har dock helt olika utseende efter stormarna. Bestånd B hade en lokal men kraftig stormfällning (Tabell 3b) medan bestånd A generellt hade fler enskilda träd fällda över hela beståndet (Tabell 3a). Simuleringarna följde utvecklingen på ytor i bestånd A relativt väl till skillnad från B där det fanns större skillnader (Tabell 3a och 3b). Lokalt stora skador fanns även i Bestånd D men där var den största delen av beståndet helt oskadat (Tabell 3d). Här ser man tydligt att när man jämförde ett genomsnitt av 5 ytor så följde den skattade tillväxten den uppmätta tillväxten väl (Ytor i bestånd D var indelade i tre avdelningar med 5 ytor på varje) se Tabell 3d. I bestånd C följde simuleringarna och den reella tillväxten varandra väl, detta trots att det skett stora stormskador på alla tre ytor och där fanns en klar gruppering av träden, Tabell 3c och Bilaga 6.

På ytor där det inte skett någon gallring utan det endast var stormen som stod för de fällda träden var det nästan alltid konsekvent lägre uppmätt produktion jämfört med den skattade. På de ytor där det både skett en gallring och även stormfällning följde simuleringen den reella tillväxte synnerligen väl. Vissa ytor underskattas medan andra ytor överskattas, dock var skillnaderna små. På de ytor där det inte skett någon stormfällning och där det inte skett någon gallring heller, där överskattade simuleringsprogrammet ofta men ligger nära verkligheten i de flesta fall. Att tillväxten överskattas för ytor där stormfällning inte skett, eller är måttlig, kan skillnaden bero på någon egenskap hos beståndet som inte fångas i modellen.

I resultatet kan man se att luckighetsindexet ligger för det mesta över ett eller kring ett (Figur 9a och 9b). Att de flesta ytor har ett värde över ett är en tydlig indikation på att träden på de undersökta ytor är jämt fördelade. På de ytor där värdet för luckighetsindex låg under ett var det i första hand fråga om ytor med stora stormskador. Detta tyder på att ytor bör vara rejält stormskadade för att träden skall räknas som gruppställda.

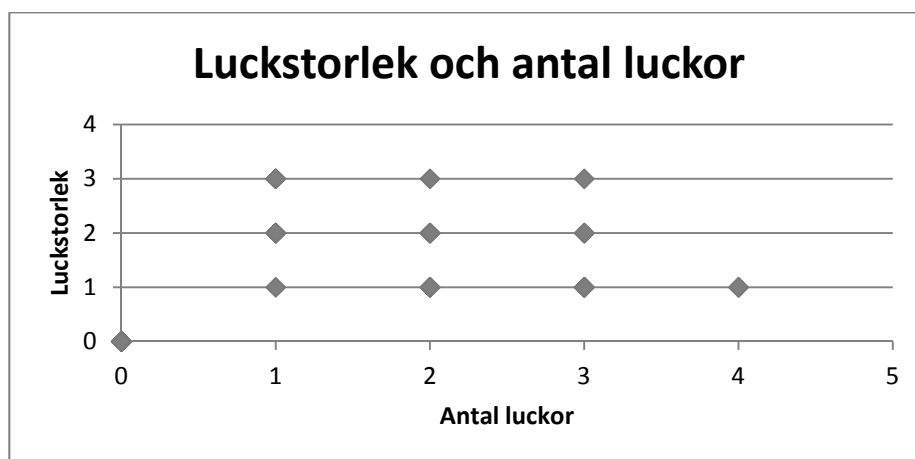


**Tabell 2a.** Antalet ytor per bestånd med ett visst antal luckor. Tabellen är uppdelad i kategorierna 0 luckor, en lucka, 2-3 luckor och fler än tre luckor.

Bestånd	Totalt antal ytor	Inga luckor	1 Lucka	2-3 Luckor	> 3 Luckor
A	14	2	2	9	1
B	12	1	4	6	1
C	3	0	0	2	1
D	13	8	4	1	0
<b>Summa</b>	<b>42</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>18</b>	<b>3</b>

**Tabell 2b.** Tabellen visar hur ytorna på bestånden är indelade efter hur många procent av ytan som är lucka. Mindre än 33% mellan 33% och 66% samt över 66%.

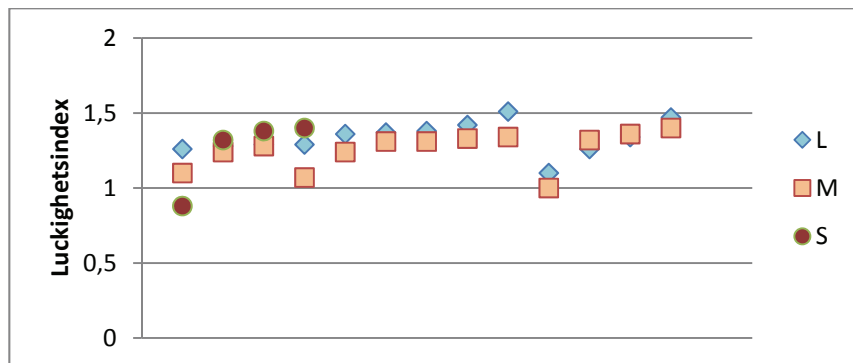
Betånd	Totalt antal ytor	0%	0%< 33%	33% - 66%	> 66%
A	14	2	9	3	0
B	12	1	4	5	2
C	3	0	0	1	2
D	13	8	0	4	1
<b>Summa</b>	<b>42</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>5</b>



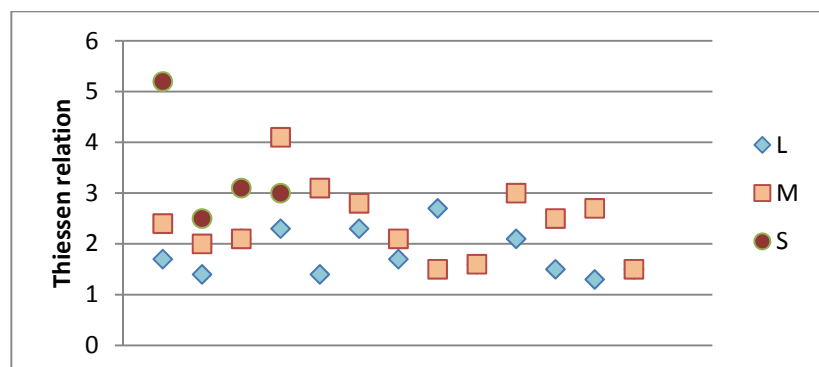
**Figur 8:** Visar totalt antal luckor och luckstorlek för bestånden A-D. Luckstorlek 1= <33%, 2= 33-66% och 3=>66% luckstorlek som procent av ytan.

I Tabell 3a, 3b, 3c och 3d redovisas också antal luckor per yta samt en grov indelning i hur mycket av ytan som kan anses vara en lucka. De beräkningar av Thiessens index

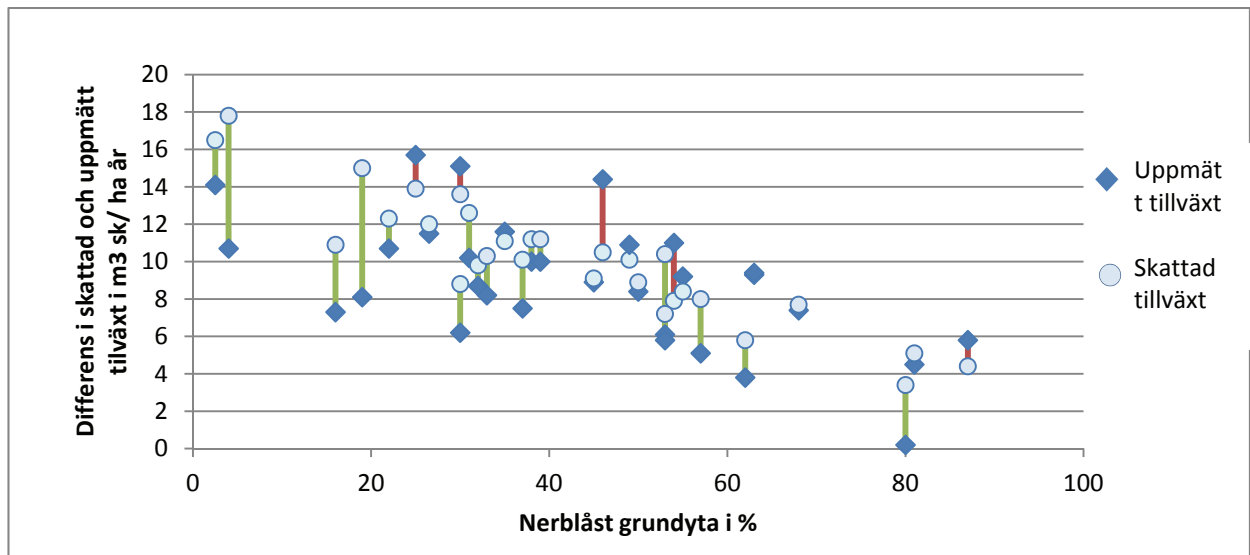
som gjordes med Arc Gis redovisas som genomsnittlig area per träd. Arealen per träd ökar med större procent lucka per yta. Detta var extra tydligt på de ytor med mer än 66% glucka. Clark & Evans index (1954) finns med på alla ytor som ritats av och digitaliserats. Här kan vi se att nära nog alla bestånd har en tendens till en mer hexagonal spridning, alltså har ett värde över 1. Det är bara en yta som har ett värde under 1, Tabell 2c, samt en yta som har värde på 1,00, Tabell 2d.



**Figur 9a.** Luckighetsindex i relation till luckstorlek för alla bestånd och ytor. Luckighetsstorlek L= liten, M= medium och S= Stor .



**Figur 9b.** Thiessen beräkning relaterat till luckstorlek för alla bestånd och ytor. Luckighetsstorlek L= liten, M= medium och S= Stor .



**Figur 10.** Skillnad i skattad och uppmätt tillväxt i relation till nerblåst och utgallrad grundyta. Bestånd A-D alla ytor. Grön linje innebär en överskattning i tillväxten och röd linje en underskattning.

Det gick inte att se ett direkt samband mellan den nerblåsta grundytan och en över eller underskattning på den skattade tillväxten (Figur 10)

#### *SIMULERINGSRESULTAT OCH LUCKIGHETSBERÄKNING*

I Tabellerna 3a,3b,3c och 3d presenteras grundresultatet från fältarbetet samt luckighetsanalyser och simuleringar. Resultatet är uppdelat efter bestånden och i bestånden efter luckstorleken

**Tabell 3,a,b,c,d.** Bestånd A, C, B och D. Tabellen är sorterad efter hur stora luckorna var, resultat från avritningen av ytorna i Lucka % ( <33%=L, 33-66% =M och >66%=S) .  
 Resultat från simulering i spalten simulerad tillväxt och grundyta från stormrevisionen 2009 för bestånd A och B, För bestånd C och D är resultatet från 2011..Gallringstyp använd i simuleringen är förkortad Stormfälld=S, Gallring=G, Gallring /Stormfälld = G/S, Ogallrad =Og

**Tabell 3a, bestånd A**

Yta	Lucka % av yta (O,L, M, S)	Grundyta m <sup>2</sup> /ha	Luckighets index	Antal luckor	Thies-sen	Stormfällda Stamar i %	Gallringstyp i simuleringen	Simulerad löpande tillväxt m <sup>3</sup> sk/ha år	Uppmätt löpande tillväxt m <sup>3</sup> sk/ha år
16	M	18,2	1,10	1	2,4	37	S	11,1	11,6
23	M	17,4	1,24	2	2,0	26	S	9,8	8,7
24	M	14,6	1,28	3	2,1	27	G/S	8,4	9,2
<b>Medel värde</b>		<b>16,7</b>	<b>1,21</b>	<b>2</b>	<b>2,2</b>	<b>30</b>		<b>9,8</b>	<b>9,8</b>
25	L	16,1	1,26	2	1,7	17	G/S	9,1	8,9
33	L	21,2	1,28	2	1,4	17	S	12,3	10,7
22	L	15,5	1,29	3	2,1	11	G/S	8,8	6,2
43	L	15,8	1,29	4	2,3	33	S	10,1	7,5
11	L	19,0	1,36	3	1,4	7	G/S	10,1	10,9
12	L	16,4	1,37	3	2,3	16	G/S	7,9	11
21	L	19,5	1,38	3	1,7	15	G/S	10,5	14,4
14	L	19,2	1,42	1	2,7	10	G/S	11,2	10
26	L	22,3	1,51	3	1,6	30	S	12,6	10,2
<b>Medel värde</b>		<b>18,3</b>	<b>1,35</b>	<b>3</b>	<b>1,9</b>	<b>17</b>		<b>10,3</b>	<b>10,0</b>
13	O	35,9	-	0	-	0	Og	16,5	14,1
15	O	20,6	-	0	-	3	G	11,5	12
<b>Medel värde</b>		<b>28,3</b>	<b>-</b>	<b>0</b>	<b>-</b>	<b>2</b>		<b>14</b>	<b>13</b>
<b>Bestånds medel värde</b>	<b>≤33 %</b>	<b>19,4</b>	<b>1,31</b>	<b>2</b>	<b>2,0</b>	<b>18</b>		<b>10,7</b>	<b>10,4</b>

**Tabell 3b, bestånd B**

Yta	Lucka % av yta (0, L, M, S)	Grundyta	Luckighet sindex	Antal luckor	Thies- sen	Stormfällda Stammar i %	Gallrings typ i simuleri- ngen	Simulerad löpande tillväxt m3sk/ha år	Uppmätt löpande tillväxt m3sk/ha år
22	S	6,3	1,38	2	3,1	72	S	3,4	0,2
Medel värde		6,3	1,38	2	3,1	72		3,4	0,2
24	M	16,1	1,24	2	3,1	51	S	10,4	6,1
13	M	9,4	1,31	4	2,8	54	S	5,8	3,8
26	M	15,7	1,31	2	2,1	30	S	10,3	8,2
21	M	12,8	1,33	1	1,5	47	S	8,0	5,1
33	M	11,5	1,34	1	1,6	40	S	7,2	5,8
Medel värde		13,1	1,3	2	2,2	44		8,3	5,8
15	L	19,2	1,10	3	2,1	32	G/S	11,2	10,0
12	L	15,2	1,26	1	1,5	22	G/S	8,9	8,4
25	L	17,8	1,34	1	1,3	9	S	10,9	7,3
23	L	24,4	1,47	2	1,5	17	S	15,0	8,1
Medel värde		19,2	1,29	2	1,6	20		11,5	8,45
16	0	32,9	-	0	-	0	Og	17,8	10,7
Mede lvärde	0	32,9	-	0	-	0		17,8	10,7
<b>Bestånds medel värde</b>	<b>33- 66%</b>	<b>16.5</b>	<b>1.30</b>	<b>2</b>	<b>2.1</b>	<b>34</b>	<b>-</b>	<b>9.9</b>	<b>6.7</b>

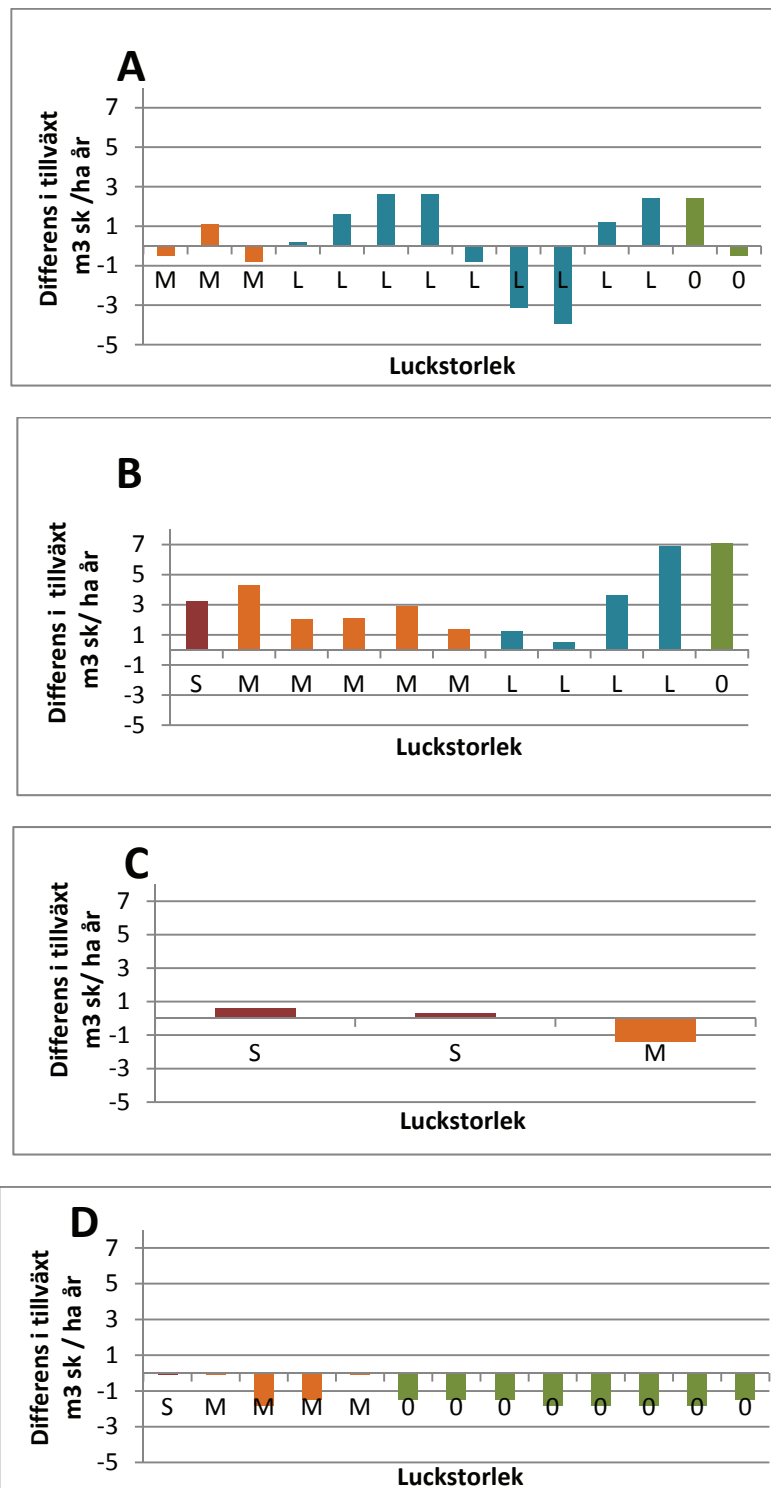
**Tabell 3c, bestånd C**

Yta	Lucka % av yta (L, M, S)	Grund yta	Luckighet s index	Antal luckor	Thiesse n	Stormfällda stammar i %	Gallringst yp i simulerin gen	Simulerad löpande tillväxt m3sk/ha	Uppmätt löpande tillväxt m3sk/ha
3	S	9,7	0,88	2	5,2	65	S	5,1	4,5
1	S	15,3	1,32	3	2,5	55	S	7,7	7,4
Medel värde		15,5	1,1	3	3,9	60		6,4	5,95
2	M	8,2	1,07	2	4,1	65	S	4,4	5,8
Medel värde		8,2	1,07	2	4,1	65		4,4	5,8
<b>Bestånds medel värde</b>	<b>&gt;66%</b>	<b>11.1</b>	<b>1.07</b>	<b>2</b>	<b>3.9</b>	<b>62</b>		<b>5.7</b>	<b>5.9</b>

**Tabell 3d, bestånd D**

Yta	Lucka % av yta (0, L, M, S)	Grundyta	Luckighets index	Antal luckor	Thiesse n	Stormfällda stammar i %	Gallringstyp i simuleringe n	Simulerad löpande tillväxt m3sk/ha	Uppmätt löpande tillväxt m3sk/ha
2	S	20,5	1,4	1	3,0	41	G/S	9,3	9,4
<b>Medel värde</b>		<b>20,5</b>	<b>1,4</b>	<b>1</b>	<b>3,0</b>	<b>41</b>		<b>9,3</b>	<b>9,4</b>
5	M	20,5	1,00	1	3,0	41	G/S	9,3	9,4
14	M	27,1	1,32	3	2,5	8	G/S	13,9	15,7
8	M	25,9	1,36	1	2,7	7	G/S	13,6	15,1
1	M	20,5	1,40	1	1,5	41	G/S	9,3	9,4
<b>Medel värde</b>		<b>23,5</b>	<b>1,27</b>	<b>2</b>	<b>2,4</b>	<b>24</b>		<b>11,5</b>	<b>12,4</b>
7	0	25,9		0	-	7	G	13,6	15,1
9	0	25,9		0	-	7	G	13,6	15,1
10	0	25,9		0	-	7	G	13,6	15,1
11	0	27,1		0	-	8	G	13,9	15,7
12	0	27,1		0	-	8	G	13,9	15,7
13	0	27,1		0	-	8	G	13,9	15,7
15	0	27,1	1,29	0	1,0	8	G	13,9	15,7
6	0	25,9	1,45	0	1,3	7	G	13,6	15,1
<b>Medel värde</b>		<b>26,5</b>	<b>1,37</b>	<b>0</b>	<b>1,2</b>	<b>8</b>		<b>13,8</b>	<b>15,4</b>
<b><u>Bestånds medel värde</u></b>	<b><u>&lt;33 %</u></b>	<b><u>25,1</u></b>	<b><u>1,29</u></b>	<b><u>1</u></b>	<b><u>2,1</u></b>	<b><u>15</u></b>		<b><u>12,0</u></b>	<b><u>14,0</u></b>





**Figur 11a, b, c och d.** Skillnaden mellan skattad och uppmätt tillväxten för bestånd A, B, C och D. Jämfört mot luckstorleken 0 som i ingen lucka alls, L som i liten, M som i medelstor och S som i stor.

#### INVENTERINGSRESULTAT FRÅN BESTÅND C

Resultaten från de inventerade ytorna blev något högre än de simulerade värden som framkom vid simuleringarna från de fasta ytorna. Detta har att göra med att stamantal och grundyta var något högre över hela beståndet än i de fasta grundytorna, Tabell 4a och 4b.

**Tabell 4a.** Resultatet från inventeringen samt simuleringsresultat för bestånd C

Yta	Simulerad löpande tillväxt m <sup>3</sup> sk / ha år	Stamantal	Grundyta m <sup>2</sup> sk /ha
1	10,6	300	23
2	0	0	0
3	8,7	200	18
4	10,4	500	22,3
5	12,5	400	31,2
6	8,4	200	17,2
7	0	0	0
8	2,7	100	5,4
9	2,7	100	5,1
10	7,0	200	13,5
11	11,8	400	27,3
12	7,6	200	15,8
13	12,5	500	31,2
14	13,3	500	36
15	13,6	600	38,5
16	3,3	100	6,2
17	4,2	200	7,6
18	11,1	300	25,5
19	0	0	0
20	10,8	300	24,1
<b>Medelvärde</b>	<b>7,6</b>	<b>250</b>	<b>17,1</b>

För att få en relevant jämförelse simulerades också värden från den fasta provytorna på bestånd C fram 5 år från 2011 Tabell 4b.

**Tabell 4b.** Resultat simulerade tillväxten samt stamantal och grundyta fem år fram i tiden för bestånd C.

Yta	Simulerad löpande tillväxt 2016 m <sup>3</sup> sk / ha år	Stamantal	Grundyta m <sup>2</sup> sk /ha
1	7,2	278	18,4
2	4,4	159	10,8
3	5,0	137	11,3
<b>Medelvärde</b>	<b>5,5</b>	<b>192</b>	<b>13,5</b>

## STATISTISK ANALYS AV RESULTATET

Nedan redovisas de genomförda statistiska beräkningarna. Parametrarna som testades var, Grundyta; antal luckor, Grundyta; luckighetsklass, Grundyta; Luckighetsindex, Grundyta; genomsnittlig area samt olika kombinationer av dessa. Samma oberoende variabler användes för att se förklaringsgraden för den uppmätta tillväxten samt den skattade tillväxten. Endast de värden som gav högst förklaringsgrad redovisas nedan. Kombinationer av de olika parametrarna gav generellt bäst resultat. Antal luckor gav som ensam parameter allra lägst förklaringsgrad samt ett högt p-värde.

**Tabell 5a,b,c och d.** Regressionerna som hade bästa förklaringsgraden när olika oberoende variabler testades mot grundyta, uppmätt tillväxt och simulerad tillväxt. Data från alla ytor och alla bestånd.

### 5a

Beroende variabel	Oberoende variabler	Ekvation	P värden
Grundyta (Y)	Konstant	+5,96	0,489
	Luckighetsindex (A)	+12,5	0,038
	Luckklass (B)	-2,77	0,038
Förklaringsgrad = 34,9 %		Ekvation $Y = 5,96 + 12,5 A - 2,77 B$	P värde = 0,002

### 5b

Beroende variabel	Oberoende variabler	Ekvation	P värden
Grundyta	Konstant	+27,6	0,000
	Antal luckor (A)	-1,39 A	0,117
	Luckklass (B)	-4,48 B	0,001
Förklaringsgrad = 30,7 %		Ekvation $Y = 27,6 - 1,39 A - 4,48 B$	P värde = 0,004

### 5c

Beroende variabel	Oberoende variabler	Ekvation	P värden
Uppmätt tillväxt	Konstant	+9,11	0,180
	Luckighetsindex (A)	+2,57 A	0,584
	Luckklass (B)	-2,04 B	0,031
Förklaringsgrad = 19%		Ekvation $Y = 9,11 + 2,57 A - 2,04 B$	P värde = 0,047

### 5d

Beroende variabel	Oberoende variabler	Ekvation	P värden
Uppmätt tillväxt	Konstant	+14,8	0,000
	Luckklass (A)	-2,49 A	0,007
	Antal luckor (B)	-0,810 B	0,164
Förklaringsgrad = 23,5%		Ekvation $Y = 14,8 - 2,49 A - 0,81 B$	P värde = 0,02

### *RESULTAT FRÅN VITALITETSBEDÖMNINGEN*

Vid fältarbetets genomförande gjordes det även en vitalitetsbedömning av träden på varje yta. Vitalitetsbedömningen för bestånd A visade att det överlag inte gick att se några uppenbara skador på de kvarvarande träden. Insektsskador noterades dock på något enskilda träd på yta 43 dessa träd var döda vid undersökningstillfället (Bilaga 2).

Liknande var resultatet för bestånd B som har samma ålder som föregående bestånd. Det gick att notera vissa skador på döda enskilda helt friställda träd som bar spår av insektsskador. Dessa träd var få och hittades i närheten och på yta 43 och 21 (Bilaga 4).

I bestånd D fanns det inga synliga skador alls förutom på yta 2 som gränsade direkt till ett hygge från stormen 2005. Även där var det 5-6 döda träd med synliga insektsskador (Bilaga 7).

I bestånd C var det lättare att urskilja skador på levande träd. Här fanns det enskilda toppbrott, träd med tydligt minskad barrmassa och missfärgning av barren. Även enskilda torrträd med synliga insektsskador samt ett stambrott noterades.

## DISKUSSION

### *HUR HAR BESTÅNDEN UTVECKLAT SIG SEDAN STORMEN GUDRUN*

Det var stor skillnad på utvecklingen hos de olika bestånden som undersöktes. Till att börja med hade de drabbats olika hårt i stormen 2005 men sedan hade de även drabbats olika i den senare stormen under 2007. Det var ett stort spektra av olika stormskador och dessa berodde sannolikt främst på:

- Beståndens olika lägen i topografin och tidigare stormskada
- Utsatta kanter till myrar, sjöar och hyggen
- Lokala växtplatsens förutsättningar
- Trädvitaliteten
- Fullslutet bestånd eller nygallrat

Att redan utsatta bestånd utsätts för nya stormskador är att förvänta och var egentligen inte särskilt förvånande. Enligt både Persson(1975) och Nørgård nielsen ( 2001) är det just bestånd som uppfyller en eller flera av faktorerna ovan som ligger i farozon för att också i fortsättningen få nya skador.

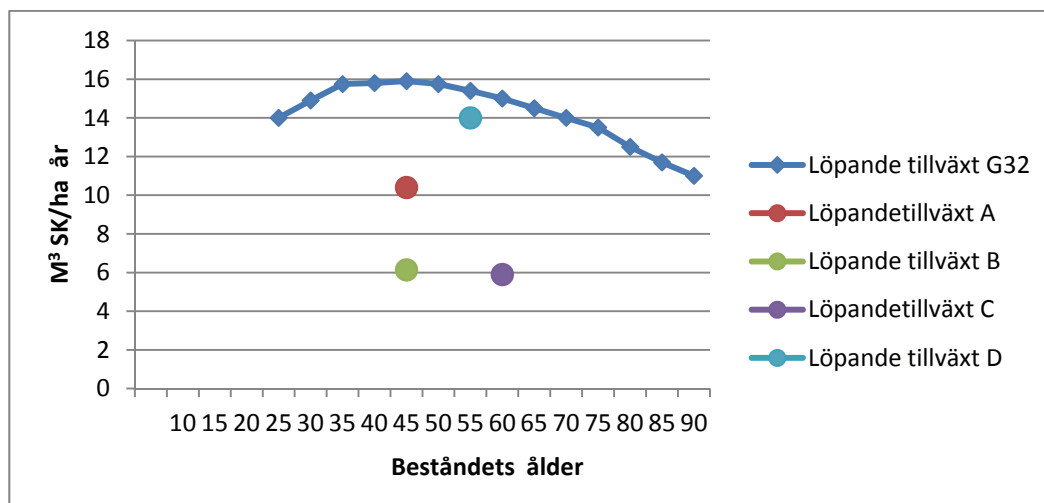
#### *Bestånd A*

Bestånd A verkar ha klarat sig relativt väl med få nya fällda träd över den undersökta perioden. Detta trots de spridda skador som beståndet fick under stormen 2005 (Bilaga 2). Bestånd A drabbades inte heller lika hårt som bestånd B eller C i stormen (Tabell 3a,3b och 3d) och hade heller inte samma exponerade läge som bestånd C. Beståndet hade trots det ett flertal luckor, om än små, Tabell 3a. Vilket kan tyda på att trädens lokala växtplats hade större betydelse för luckbildningen i bestånd A än beståndets läge som helhet. En orsak till de mer lokala stormfällningarna kan vara att det fanns ett flertal myrar i och i direkt anslutning till beståndet vilket pekar på att delar av beståndet växer på fuktig mark med lokalt mycket organiskt material, vilket är en riskfaktor enligt Persson (1975). Utvecklingen av bestånd A ligger annars relativt nära ett vanligt gallrat granbestånd och den löpande tillväxten var här 10,4 m<sup>3</sup>sk/ha, Figur 12.

#### *Bestånd B*

Bestånd B hade en hel del stora luckor, det gränsade även mot ett större hygge mot norr och en mindre sjö åt sydväst. Här var det stora skador på beståndet men stormskadorna var även spridda över stora delar av beståndet med lokalt stora luckor (Bilaga 4). Främst har de nya skadorna som dykt upp under undersökningsperioden drabbat de ytor som redan haft stora skador, vilket ligger i linje med luckdynamiken som beskrevs av Worrall, m.fl., (2005) men beståndet har även haft delar som har klarat sig bra. Ett exempel är den helt ogallrade ytan 16 som låg i direkt anslutning till de delar som drabbats värst av stormen men hade inga egna stormskador. Att den ogallrade ytan skadas i mindre utsträckning, har sannolikt att göra med sambandet mellan gallring och utglesning som beskrevs av Valinger & Pettersson, (1996). Men det kan även ha andra

orsaker, så som att ytan inte låg vid beståndskanten själv eller att den lokala växtplatsen var stabil. Den genomsnittliga produktionen för bestånd B har varit låg med en löpande tillväxt av 6,14 m<sup>3</sup>sk/ha i löpande tillväxt, Figur 12.



**Figur 12.** Löpande tillväxt i granbestånd med ståndortsindex G32 där man använt sig av ett gallringsprogram för G32. Visar även de undersökta beståndens löpande tillväxt som jämförelse. Figur modifierad efter Eriksson (1976).

#### Bestånd C

Med tanke på tidigare undersökningar från Persson (1975) och Nørgård Nielsen (2001) så är det sannolikt att det bestånd med störst risk för nya stormskador är bestånd C. Beståndet ligger nära toppen av en sluttning och i direkt anslutning till ett större stormhygge som blev till under stormen 2005. Beståndet hade även flera stora luckor samt flera ensamma och friställda träd som kan tänkas bli fällda vid större påfrestningar, alternativt skadade av sekundära skador som insekter (Bilaga 6). Fram till den senaste revisionen år 2011 hade det även tagits ut torrträd d.v.s. döda träd under varje revisions tillfälle sen stormen. Detta kunde observeras vid ett senare besök under januari 2012 där jag kunde notera flera nya stammar och toppbrott i beståndet, dock inga nya rotvältor vilket kan tyda på att träden har hunnit stabilisera sig, vilket finns beskrivet av Lohmander & Helles, (1987) och Valinger & Pettersson, (1996). Beståndet hade även en mycket låg löpande tillväxt med endast 5,9 m<sup>3</sup>sk/ha och trots att beståndet ännu inte var särskilt gammalt, Figur 12.

#### Bestånd D

Bestånd D hade en blandning av några få svårt stormskadade ytor och en stor andel helt oskadade (Bilaga 7). De ytor som låg och gränsade till beståndsdelen som hade blåst ner helt hade flera döda och döende träd med tydliga insektsskador. Insektsskadorna var

sannolikt sekundära och berodde antagligen på stress och/eller stormrelaterade skador, cf. Worrall, m.fl., (2005) De skadade träden låg nära toppen av en sluttning, i motsats till de oskadade ytorna som låg mer skyddat längre ned längs sluttningen.

#### *FRAMTIDA UTVECKLING AV BESTÅNDEN*

##### *Bestånd A*

Beståndet i helhet ser ut att i framtiden utvecklas relativt normalt med få nya stormskador, de flesta luckor var små och borde kunna sluta sig inom en nära framtid. Dock kan det även i framtida stormar komma att fällas enskilda träd som står på lokalt ogynnsamma växtplatser.

##### *Bestånd B*

Man kan sannolikt förvänta sig nya stormskador i bestånd B, dessa kommer sannolikt främst att vara i de ny bildade beståndskanterna och i de stora luckorna. Skadorna kommer troligtvis inte vara i samma omfattning som i bestånd C då det är yngre och inte ligger lika utsatt. Kantträden i beståndet borde också hunnit stabilisera sig sedan stormen 2005 och 2007 och därmed minskar risken för nya skador.

##### *Bestånd C*

Beståndet ser även i framtiden ut att få nya skador, då det skett kontinuerligt nya skador under undersökningsperioden. Det ligger även mycket utsatt samt har en relativt hög ålder och stora luckor inom beståndet.

##### *Bestånd D*

Beståndet kommer sannolikt att utvecklas väl i framtiden, dock kan beståndet delas upp i två delar med skilda förutsättningar. Den ena delen där de skadade ytorna fanns, de låg nära toppen av en sluttning vid kanten av en stor lucka/hygge och löper därför även fortsatt risk för skador genom vindexponering Persson (1975). De ytor som låg längre ned längs sluttningen saknade helt tydligt skadade träd och hade mycket få stormskador. Där bedöms framtida risk för stormskador som små.

#### *HUR PÅVERKAR LUCKORNA BESTÅNDSUTVECKLINGEN*

Luckorna påverkade definitivt beståndsutvecklingen. Hur mycket de påverkade beror främst på storleken på luckan, men även på hur gruppställda de kvarvarande träden är. Vid den statistiska analysen var det storleken på luckan samt luckighetsindexet som gav den största förklaringsgraden till en lägre uppmätt tillväxt.

En av förklaringarna kan vara att en stor lucka gör att det bara finns ett fåtal träd kvar på ytan och att det helt enkelt gör att de är för få träd kvar för att kunna tillvarata ytans potentiella produktionsförmåga. Dock har det oftast funnits tillräckligt med träd kvar på

yta för att i teorin kunna producera bättre än de i verkligheten har gjort Tabell 3a, 3b, 3c, 3d. Så en annan förklaring behövs.

Det kan tänkas vara så att om det har blåst ner ca 40% av en yta och den har en stor lucka som på yta 21 i bestånd B (Bilaga 4) att de kvarvarande träden är koncentrerade till en begränsad area av ytan. Dessa träd står då sannolikt tätt med stora ytor för kantträden och liten yta för träden i de inre delarna av den kvarvarande gruppen. Det borde i hög grad kunna påverka tillväxten då de kvarvarande träden har mindre nytta utav den friställda marken och påverkas även av konkurrens inom den kvarvarande gruppen (Eriksson, 1976). Dock visar undersökningen med hjälp av gruppställningsindexet från Clark & Evans, (1954) att träden inte är gruppställda i någon större utsträckning. Det är bara ett fåtal ytor som har ett index under 1 vilket är en indikator på att träden är gruppställda. Tvärtom så verkar de allra flesta ytorna ha en tendens till att vara mer hexagonalt fördelade fast de har stormskador på ytan Tabell 3a, 3b, 3c, 3d.

Antalet luckor i kontrast till luckstorleken visade sig ha en endast liten förklaringsgrad på produktionen, vilket sannolikt hör samman med att de ytor där det var hög procent stormskada ofta bara hade en lucka. Denna enda lucka kunde omfatta i stort sett hela ytan, så som på yta 43 i bestånd B (Bilaga 4). När en yta hade 2 eller flera mindre luckor så påverkade de inte ytans utveckling i lika hög grad, tvärtom så såg det ut som att beståndet utvecklade sig mer som ett vanligt gallrat bestånd. Vid en jämförelse mellan ett vanligt G32 bestånd och bestånd B, som var det bestånd med flest små luckor och minst stora Tabell 2a och 2b samt Figur 13 så skiljer det ändå 5.1 m<sup>3</sup>sk/ha år i löpande tillväxt eller 33% till ett vanligt gallrat bestånd. Vilket är ganska anmärkningsvärt då det inte var så stor procentandel fällda träd och granen skall enligt flera undersökningar bl.a. Nilsson m.fl., (2010) och Eriksson, (1976) kunna klara ganska kraftiga utglesningar utan större tillväxtförlust.

Då inte luckighetsindexet kunde visa på en särskilt bra förklaring till den låga produktionen och i de flesta fallen inte heller storleken på luckan eller antalet luckor, så kan det vara en faktor som ej testades statistiskt. Det finns även en annan viktig aspekt som undersöktes men som ej gav några tydliga resultat, vilket var trädvitaliteten. Trädvitaliteten på de träd som står kvar efter att luckorna bildades kan vara en del av förklaringen som saknas. Dock var resultatet otydligt, det var svårt att i fält se tydliga tecken på en nedsatt vitalitet. I bestånd C var det lättast att se tecken på tydliga skador och försämrad vitalitet, men det var svårt att se i de yngre bestånden A och B. Skador som lämnat lätt identifierbara spår kan därför inte vara den enda förklaringen till de låga produktionssiffrorna.

Dock finns det undersökningar som visar att träd som drabbats av rotryckning är väldigt svåra att upptäcka och trots detta kan de vara vanligt förekommande bland de kvarvarande träden efter en storm (Nørgård Nielsen, 2001). Dessa träd har inte längre sina rotsystem intakta och de skulle i hög grad kunna påverka särskilt kantträdens möjlighet att utnyttja de ytor som blir när de bildas en lucka.

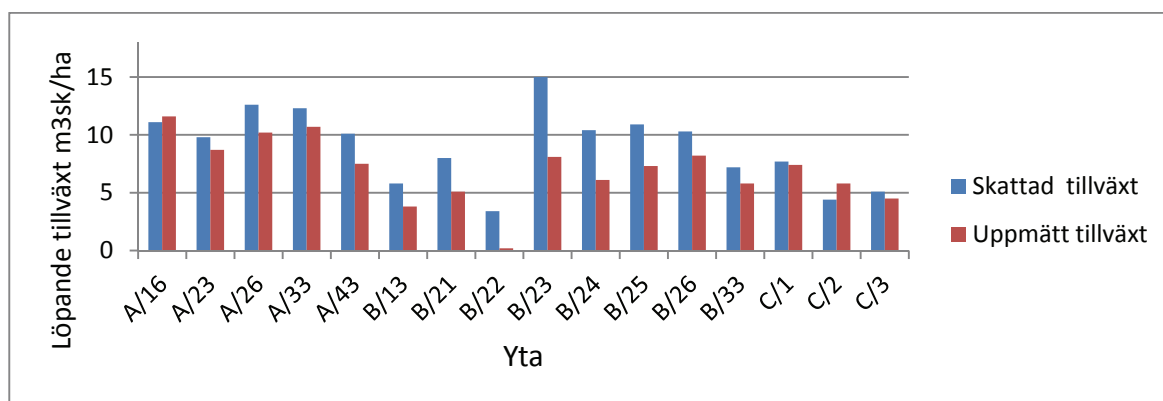


## *PROD MOD SOM REDSKAP FÖR ATT SKATTA BESTÅNDSUTVECKLINGEN*

Vid en jämförelse av produktionsmodellen och de registrerade tillväxtvärdena så fann jag att PROD MOD följde verkligheten bra i de flesta fall. Allra bäst var den på de ytor där den uppmätta tillväxten baserades på träd som var kvar efter både stormuttag och gallringsuttag tabell 3a,3b,3c,3d. Där det var störst skillnad var det på de ytor där det enda uttaget skett genom stormuttag Figur 13a.

Den fungerar därför relativt väl om man vill kunna förutspå vad som kommer att ske med ett bestånd som har skadats lindrigt utav storm. Det skiljer dock en hel del mellan enskilda ytor. Vissa ytor som självgallringsytor tenderar till överskattning i och ytor med stora volymer stormfällad skog underskattades. Dock fann jag inga stora skillnader på beståndsnivå. Vid bedömmningar av stormskadade bestånd bör man dock ta med i beräkningarna att Prod Mod tenderar att överskatta värden på ytor där det enbart skett stormfällning. Skillnaden mellan den simulerade och den uppmätta tillväxten på Bestånd B som till största delen hade enbart stormskada som uttag av träd så skiljde det i snitt 34% eller 3,16 m<sup>3</sup> sk /ha och år mellan skattad tillväxt och uppmätt tillväxt Det var den största skillnaden på beståndsnivå, skillnaderna på de andra bestånden var betydligt lägre

Som jämförelse kan nämnas grannbeståndet A som drabbats i mycket mindre omfattning av stormskada och där det skett både uttag av träd i stormuttag samt vanlig gallring så var skillnaden betydligt blygsammare 2,8% eller 0,3m<sup>3</sup> sk /ha år i löpande tillväxt. I bestånd C som är det bestånd som Agestam använde för sina beräkningar i; Agestam, m.fl., 2006 var skillnaden 3,4% eller 0,2m<sup>3</sup>sk/ ha och år. Vilket är anmärkningsvärt då detta bestånd till stora delar har blåst ner med flera stora luckor som följd. Detta kan ha att göra med storleken på provytorna men även beståndets ålder. Att gallra sent i ett gran bestånd kan leda till större förluster i produktionen än när det sker i ett yngre granbestånd (Eriksson, 1976 och Nilsson m.fl., 2010)



**Figur 13a.** Skillnader mellan den uppmätta tillväxten och den simulerade på alla ytor där det enda uttag som gjorts sen 2005 är stormfälld skog.



**Figur 13b.** Skillnaden mellan den uppmätta och den simulerade tillväxten för alla oskadade ytor där det skett antingen en gallring eller där ytan har varit självgallrad. Ingen stormfälld skog har tagits ut på de här ytorna.

En annan sak man bör tänka på vid tolkningen av resultatet är att PROD MOD är baserat på data från ett genomsnitt av ett stort antal bestånd. Detta gör att enskilda bestånd kan ligga något över eller under PROD MODs produktionssimuleringar.

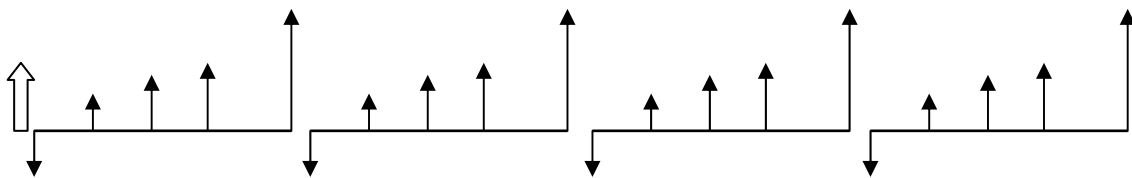
#### NUVÄRDESBERÄKNING

För att kunna ta ett beslut huruvida ett bestånd bör avverkas eller inte så brukar man göra någon form av ekonomisk kalkyl. Vid undersökningen av Agestam, m.fl., 2006

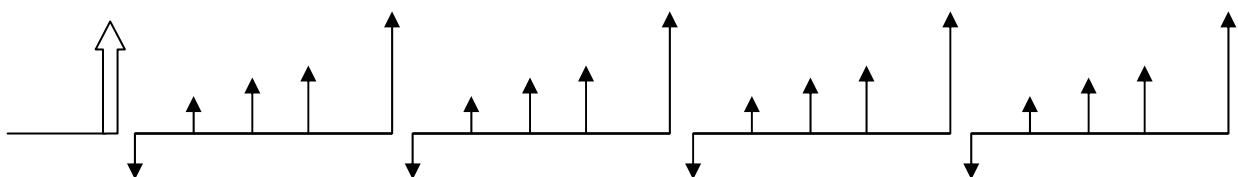
gjordes nuvärdesberäkningar till en senare slutavverkningsålder och jämfördes med nuvärdet ifall bestånden skulle avverkas genast. De ekonomiska kalkylerna i det här arbetet jämför resultatet från en avverkning nu Figur 14a, och en avverkning vid samma slutavverkningsålder som användes vid undersökningen i Agestam, m.fl., 2006 Figur 14 a. Till värdet som erhålls från avverkningarna nu och senare kommer även markvärdet för framtida intäkter att läggas till, detta markvärde kan skilja beroende på när man väljer att avverka beståndet.

Skillnaden med beräkningarna jämfört med Agestam m.fl., 2006 är att det nu har gått 5 år och man har haft möjlighet att observera beståndens utveckling under de senaste fem åren. Därigenom har vi fått en bättre bild av vilken tillväxt bestånden egentligen har haft och kommer därför sannolikt få ett annorlunda resultat vid avverkning nu, men även för avverkningen i framtiden.

Värden för åtgärderna är schablonvärden och baseras på prislistor från Södra Skog (Feb 2012).



**Figur14a:** Schematisk bild för intäkter vid avverkning nu och intäkter och kostnader i framtiden.



**Figur14b:** Schematisk bild för intäkter vid avverkning vid en senare tidpunkt och framtida intäkter och kostnader.

**Tabell 6.** Markvärde för gran vid ståndortsindex 32 och ränta 2 procent

Ålder	Åtgärd	Kostnad/Intäkt kr
0	Föryngring, inkl markberedn	-13 000
7	Röjning	-3000
30	Gallring, netto	5000
40	Gallring, netto	10 000
50	Gallring, netto	15 000
55	Gallring, netto	20 000
72	Slutavverkning netto	105 000
	<b>Markvärde vid 2% ränta</b>	<b>38 000</b>

**Tabell 7.** Värde som erhålls vid avverkning nu.

Bestånd	Bestånds ålder	Avverkningsnetto kr	Markvärde kr	Summa
A	42	19545	38000	<b>57545</b>
B	42	17308	38000	<b>55308</b>
C	58	32533	38000	<b>70533</b>
D	54	61533	38000	<b>99533</b>

**Tabell 8.** Värde vid senare avverkningsålder 72 år.

Bestånd	Bestånds ålder	Avverkningsnetto kr vid 72 år	Nuvärde avverkningsnetto kr	Nuvärde Markvärde kr	Summa
A	42	116418	64271	20979	<b>85250</b>
B	42	100350	55400	20979	<b>76379</b>
C	58	66067	50070	28799	<b>78869</b>
D	54	130867	91627	26606	<b>118233</b>

Det lägre markvärdet i Tabell 8 är på grund utav att markvärdet från en avverkning som sker genast måste diskonteras eftersom avverkningen sker längre fram i tiden.

Skillnaderna i intäkter mellan att avverka genast och att vänta till en lämpligare tidpunkt är ganska stor. Särskilt om man bara ser på avverkningsnettot. Ser man till summan av det diskonterade avverkningsnettot och markvärdet blir dock skillnaderna tydligt mindre. Fortfarande är det så att den senare avverkningen ger ett bättre resultat. Skillnaderna mellan bestånden är också påtagligt. Skillnaderna mellan att avverka nu och senare var minst för Bestånd C som också är det bestånd som är äldst. Det var också detta bestånd som hade de största stormskadorna.

## SLUTSATSER

### *Beståndsutvecklingen*

Utvecklingen skiljde sig kraftigt åt mellan de olika bestånden, detta var att förvänta och resultatet följde tidigare undersökningar väl.

Av de bestånd som har funnits med i den här undersökningen är det bara bestånd D som producerade ungefär som ett granbestånd med bonitet G32 kan förväntas göra ifall det är oskadat och har den bonitet som de undersökta bestånden hade (Eriksson, 1976) Figur 13. Dock ska det tilläggas att Figur 13 visar utvecklingen av ett genomsnittligt G32 bestånd och att lokala förutsättningar gör att ett G32 bestånd kan producera både sämre och bättre. Bestånd A producerade relativt lägre och resterande bestånd producerade betydligt mycket lägre.

Den framtida utvecklingen för bestånden är alltid svår att sja om men de sannolika är att de mest svårskadade bestånden i dagsläget även är de bestånden som har störst sannolikhet att även i framtiden drabbas av nya skador. De faktorer som låg till grunden för att beståndet skadades i första läget är i de flesta fallen kvar. Det som skulle kunna motverka detta är att de mest vindutsatta träden i beståndskanterna i dagsläget sannolikt har hunnit stabilisera sig.

### *Luckornas betydelse*

Luckorna är av stor betydelse för den fortsatta produktionen av beståndet (Tabell 5a, 5b, 5c och 5d). I undersökningen har det framkommit att det i första hand är luckornas storlek som påverkar. Hur träden står fördelade samt antalet luckor gav inga tydliga svar och skulle behöva undersökas noggrannare. Det som kan tänkas ge en bättre förklaring till de låga produktionstalen förutom luckornas storlek är sannolikt en faktor som inte har identifierats.

Denna faktor skulle bla. kunna vara rotryckthet, men det behövs mer ingående undersökningar fokuserat på just trädvitalitet och rotryckthet för att kunna säga något med större säkerhet.

### *Prod mod som redskap*

Att använda PROD MOD för att få veta hur bestånd med mindre skador kommer att utveckla sig fungera bra. Dock bör man vara försiktigare vid simuleringar av tillväxt för bestånd som har större skador. Dessa tenderar att överskattas.

Vid tolkningen av mitt resultat bör man ta med i beräkningarna att PROD MOD är baserat på ett genomsnitt av ett stort antal bestånd och att tillväxten variera en del beroende på förutsättningar så som den lokala växtplatsen. Vid upprepade simuleringar med olika stora skador i beståndet tenderar dock resultatet till att jämnas ut sig och skillnaderna blir förhållandevis små.

### *Avverka nu eller senare?*

Det resultat jag fick liknar mycket det resultat som Agestam, m.fl., 2006 fick i sin undersökning. Alla bestånd fick ett högre nuvärde vid en senare avverkning, dock är skillnaderna mellan bestånden stora. Skillnaderna beror både på ålder och stormskada och det äldsta beståndet med stora stormskador är det bestånd där det skiljer sig minst mellan en avverkning genast och en avverkning senare.

Det är svårt att ge ett tydligt svar på hur man som skogsägare bör agera. Skillnaden mellan att avverka nu och senare är dock så pass små, (ca 8000 SEK) för bestånd C att frågan är om inte riskerna för framtida stormskador är så pass stora att man bör överväga att ta ner det genast. Att ge ett entydigt svar för de andra bestånden är svårare, generellt kan man säga att de minst skadade givetvis ska få vara kvar till den först tänkta slutavverkningsdatumet (främst bestånd D men även A). Dock är bestånd liknande bestånd B svåra att ge ett tydligt svar på.

### *Framtida undersökningar*

Det finns flera av de områden jag har tittat på där jag har haft svårt att finna tydliga svar. Min rekommendation för framtida undersökningar är att noggrannare undersöka trädvitaliteten hos kvarvarande träd i stormskadade bestånd. Andra områden av intresse är att närmare undersöka luckdynamiken hos gran, det hade varit särskilt intressant för mig att få klarhet i om mindre luckor tenderar till att bli större eller ifall krontaket sluter sig.

## REFERENSER

- Agestam, A., Bergquist, J., Bergquist, G., Johansson, K., Langvall, O., Långström, B. & Petersson, M., (2006) *Stormskadad skog –föryngring, skador och skötsel* (Rapport 9) Jönköping: Skogsstyrelsen
- Anon., (2006) *Stormen 2005 – en skoglig analys*. Meddelande 1. Skogsstyrelsen s. 199.
- Barcelona field study centrum (2012) Online: <http://geographyfieldwork.com> (Barcelona University field study centrum) Hämtat från: [http://geographyfieldwork.com/nearest\\_neighbour\\_analysis.htm](http://geographyfieldwork.com/nearest_neighbour_analysis.htm) (2011.12.17)
- Bergquist, J., (2009) *Skogsproduktion i stormområdet: Ett underlag för Skogsstyrelsens strategi för uthållig skogsproduktion* (Rapport 5) Jönköping: Skogsstyrelsen
- Clark, Ph.J., Evans, F., (1954) *Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations*. Ecology Vol. 35, s. 445-453.
- Ekö, PM., (1985). En produktionsmodell för skog i Sverige, baserad på riksskogstaxeringens provytor. (Rapport 16) SLU, inst. för skogsskötsel.
- Eriksson, H., (1976). Granens produktion i Sverige. Institutionen för skogsproduktion. (Rapport 41) Skogshögskolan, Stockholm.
- IPCC, (2001) *Climate change 2001*. Intergovernmental Panel of Climate Change Third Assesment Report. Cambridge university press, Storbritannien, 944 s.
- Lohmander, P. & Helles, F., (1987) *Windthrow probability as a function of stand characteristics and shelter*. Scandinavian Journal Forest Research. 2, s. 227-238
- Nilsson, C., Stjernquist, I., Barring, L., Schlyter, P., Jönsson, A-M & Samuelsson, H., (2004) *Recorded storm damage in Swedish forests 1901-2000* . Forest Ecology and Management Vol. 199 s.165-173.
- Nilsson, U., Agestam, E., Ekö, P. M., Elfving, B., Fahlvik, N., Johansson, U., Karlsson, K., Lundmark, T. & Wallentin, C. (2010). Thinning of Scots pine and Norway spruce monocultures in Sweden: effects of different thinning programmes on stand level gross- and net stem volume. *Studia Forestalia Suecica* 219:1-46
- Nørgård Nielsen, C., (2001) *Vejledning I styrkelse af stormfasthed og sundhed I nåletraesbevoksninger*. Dansk Skovbrugs Tidsskrift, Vol. 4, s. 216-264.
- Nørgård Nielsen, C. & Larsen, B., (2001) *Stormstabilitet og naturnaer skovdrift- med fokus på bevoksninger med en høj nåletraesandel*. Dansk Skovbrugs Tidsskrift, Vol. 4, s. 264-284.

Olofsson, E., (2006) *Supporting Management of the Risk of Wind Damage in South Swedish Forestry*. Doktorsavhandling, Sveriges lantbruksuniversitet.

Persson, P., (1975) *Stormskador på skog -uppkomstbetingelser och inverkan av skogliga åtgärder*. Institutionen för skogsproduktion, (Rapport 36) Skogshögskolan, Stockholm 294s.

Räisänen, J., Hansson, A., Ullerstig, r., Döscher, L., Graham, L.P., Jones, C., Meier, H.E.M., Samuelsson, P. & Wille'n, U., (2004) *European climate in the late twenty-first century: regional simulations with two driving global models and two forcing scenarios*. Climate dynamics Vol. 22, s. 13-31.

Schelhaas, M.J., Nabuurs, G.J. & Schuck, A., (2003) *Natural disturbances in the European forests in the 19<sup>th</sup> and 20<sup>th</sup> centuries*. Global Change Biology 9, s. 1620-1633

Smhi, (2011) Online: <http://www.smhi.se> (Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut) Hämtat från <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/stormskador-i-framtiden-1.7080>) (2012.01.10)

Schlyter, P., Stjernquist, I., Bärning, L., Jönsson, A.M. & Nilsson, C., (2006) *Assessment of the impacts of climate change and weather extremes on boreal forests in northern Europe, focusing on Norway spruce*. Climate research. Vol.31 s. 75-84.

Valinger, E. & Fridman, J., (2011) *Factors affecting the probability of windthrow at stand level as a result of Gudrun winter storm in southern Sweden*. Forest ecology and management. Vol. 262, s. 398-403.

Valinger, E., Ottosson Lövenius, M., Johansson, U., Fridman, J., Claeson, S. & Gustafsson, Å., (2006) *Analys av riskfaktorer efter stormen Gudrun* (Rapport 8) Jönköping: Skogsstyrelsen.

Valinger, E. & Petterson, N., (1996) *Wind and snow damage in a thinning and fertilization experiment in Picea Abies in southern Sweden*. Forestry, Vol. 69, No. 1.

Worall, J., Lee, T., Harrington, T., (2005) *Forest dynamics and agents that initiate and expand canopy gaps in Picea-Abies forests of Crawford Notch, New Hampshire, USA*. Journal of ecology Vol 93, s. 178-190.



# BILAGOR

## Bilaga1:

Stegvis inmatning av data från pappersform till programmen Arc Map och Arc Catalog.

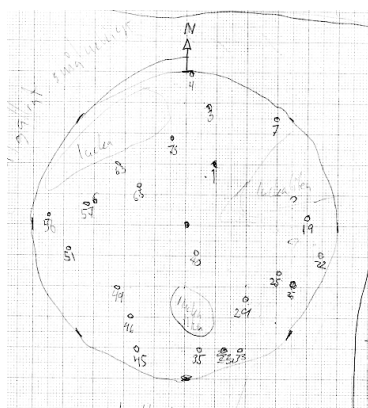
- Öppna arc catalog och skapa två filer. Dessa två ska vara shapefiler.
- Den ena filen bör vara av typen Polygon featureclass, den andra filen bör vara av typen Point featureclass. Bägge lager ska ha coordinatsystemet Sweref99\_TM.
- Öppna Arc Map och öppna båda shapefilerna.
- Skapa den önskade provytan (cirkelyta/rektangulär o.s.v.) i lagret polygon. Gå in på properties för att bestämma storlek på ytan.
- Ytorna skapas ungefär där de låg i verkligheten
- Använd convert graphics to feature för att ytorna ska bli polygoner och bli en del av lagret.
- Skapa ett grid (rutnät) för att exakt kunna bestämma positionen av träden som är infogade för hand på papper.
- Markera Point lagret och tryck på knappen start editing. Därefter placera ut punkter som representerar träden.
- Ge träden ett ID i programmet under Attributes som överensstämmer med kartorna som ritades ute i fält.
- Ge varje yta ett Namn i attributes.
- Namnge alla ytor med försöksavdelningsnamn.

När alla ytor för en avdelning har digitaliserats är det dags att beräkna luckigheten.

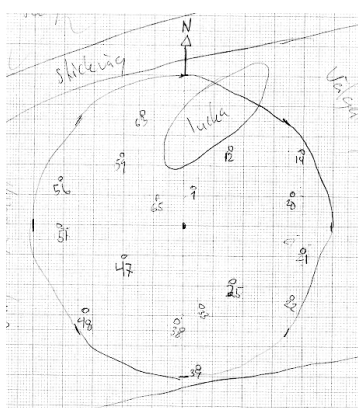
- Öppna toolbox och sök reda på "Create Thiessen- polygon"
- Välj punktlager som input och namnge sedan vilket namn man vill ha på det nyskapade lagret.
- Klipp sedan ihop Thiessen polygon lager med tidigare skapat cirkellager.
- Beräkna area per träd i attribute kolumnen.

På detta sätt skapar man en beräkning där man kan se hur stor yta varje träd har i förhållande till sina närmaste grannar.

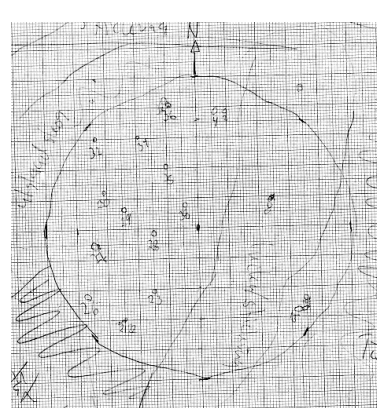
## Bilaga 2: De avritade ytorna från Bestånd A:



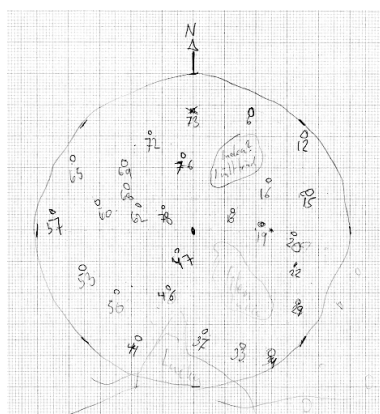
Yta 12



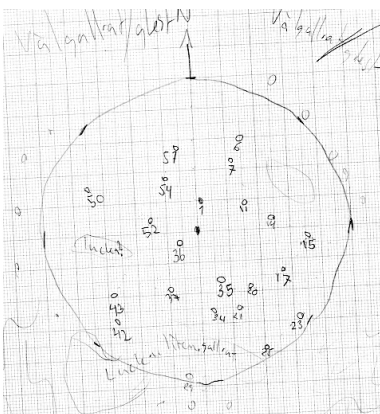
Yta 14



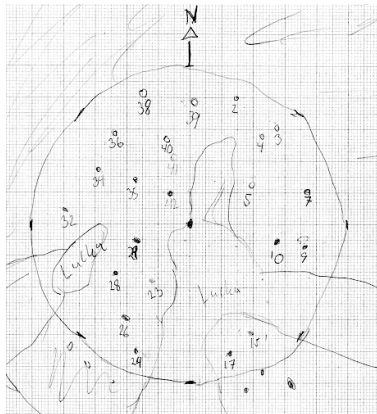
Yta 16



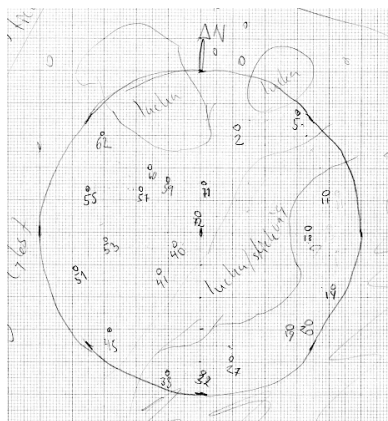
Yta 21



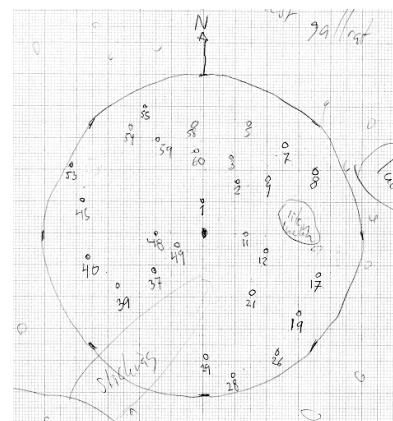
Yta 22



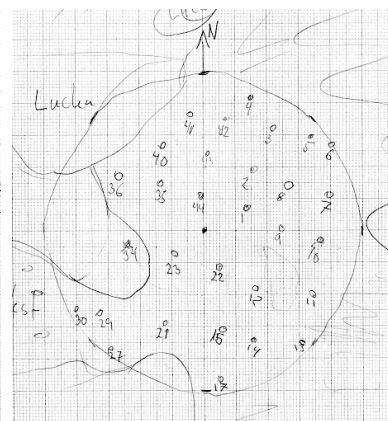
Yta 23



Yta 24

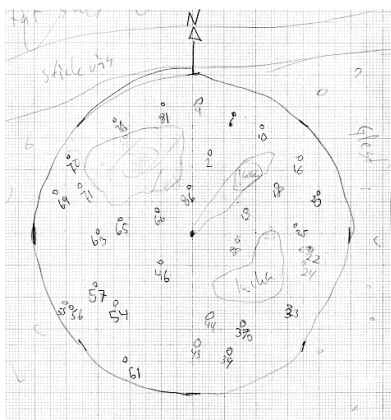


Yta 25

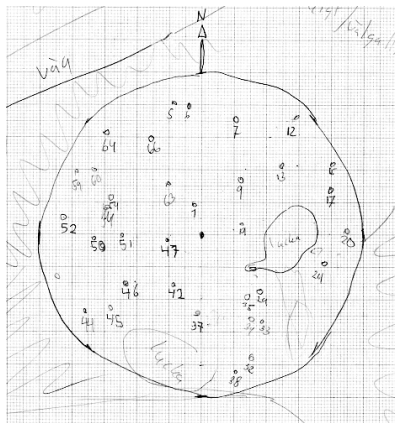


Yta 26

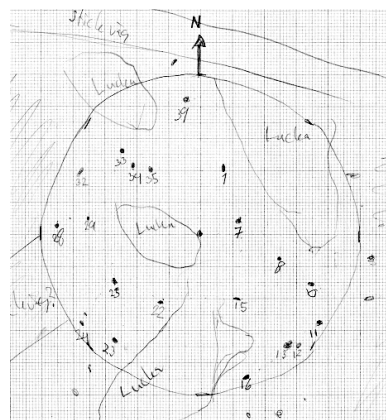
Bilaga 3 Fortsättning ytor bestånd A:



Yta 11

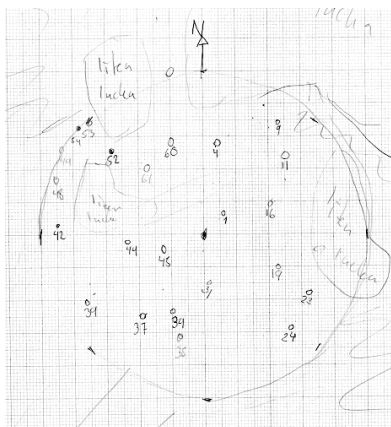


Yta 33

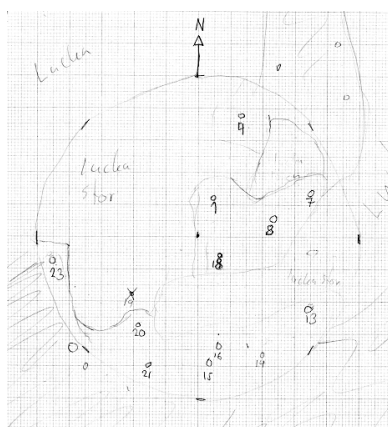


Yta 43

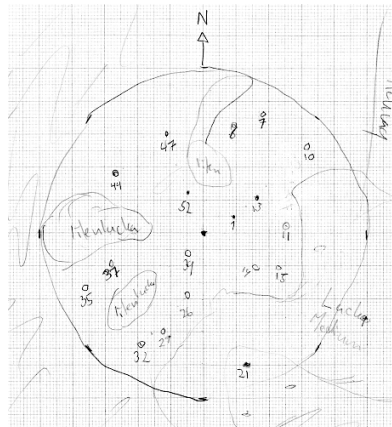
Bilaga 4, de avritade ytorna för bestånd B.



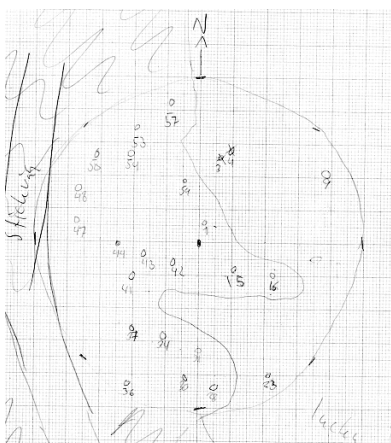
Yta 12



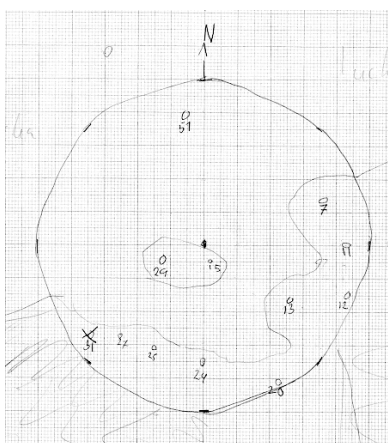
Yta 13



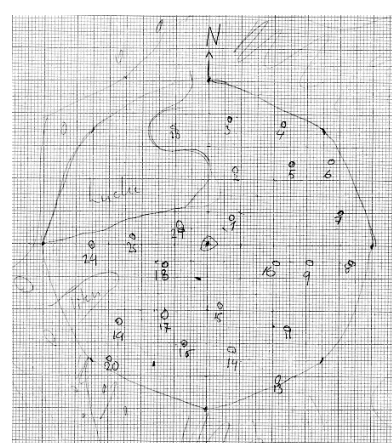
Yta 15



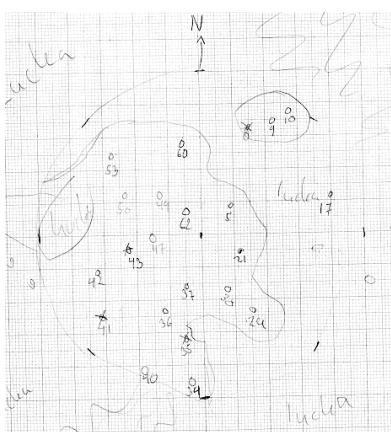
Yta 21



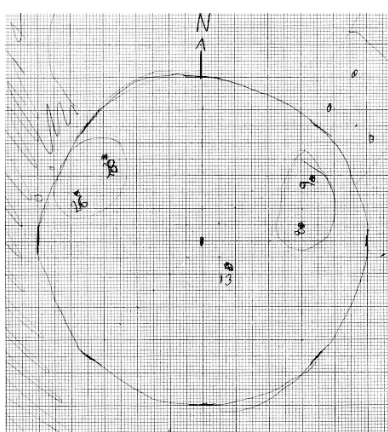
Yta 22



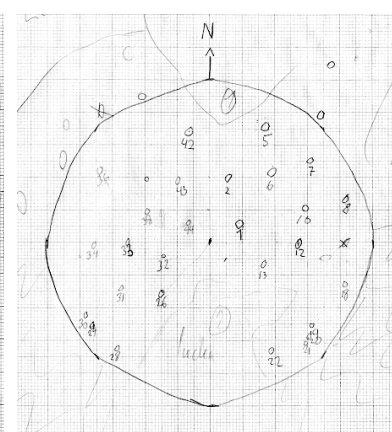
Yta 23



Yta 24

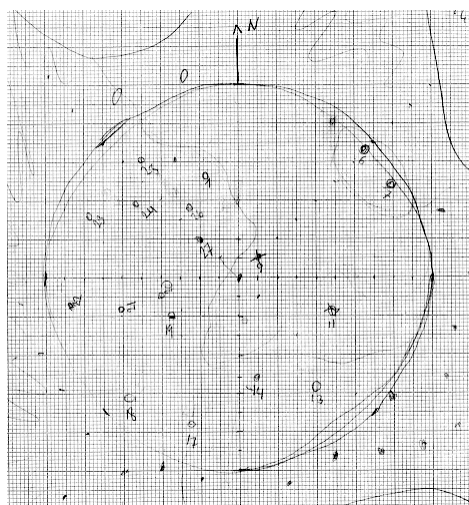


Yta 43

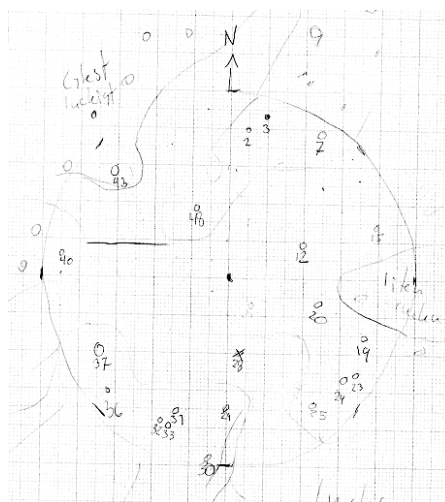


Yta 25

Bilaga 5 fortsättning ytor för bestånd B:

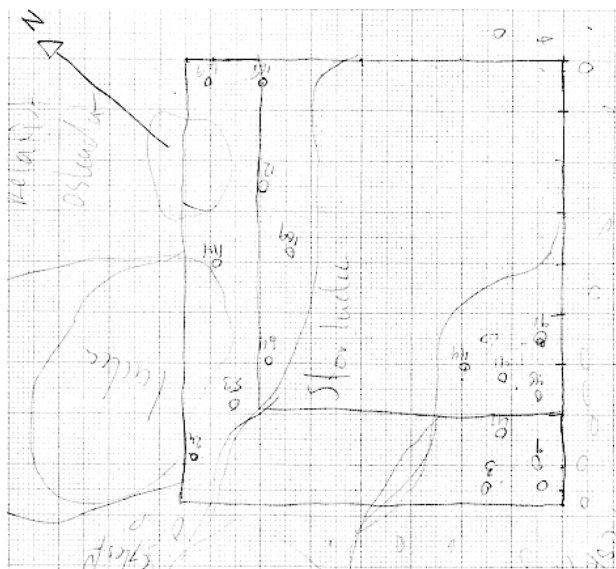


Yta 26

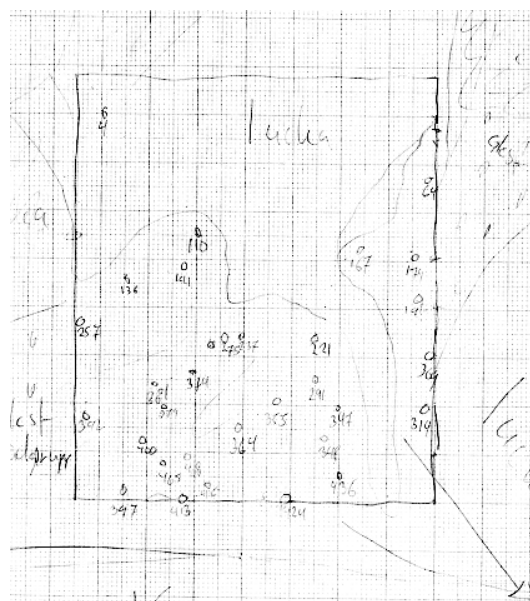


Yta 33

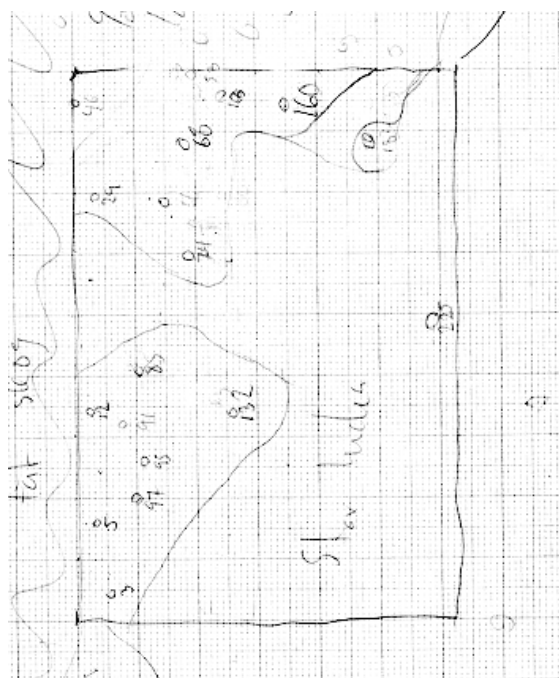
Bilaga 6, de avritade ytorna för bestånd C:



Yta 3

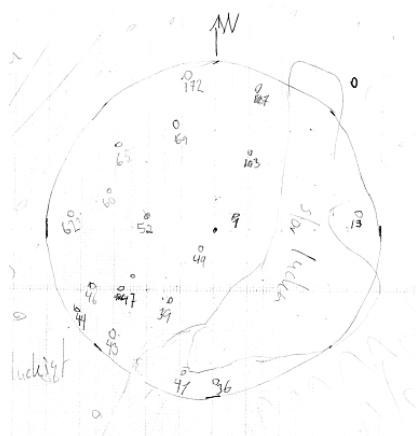


Yta 1

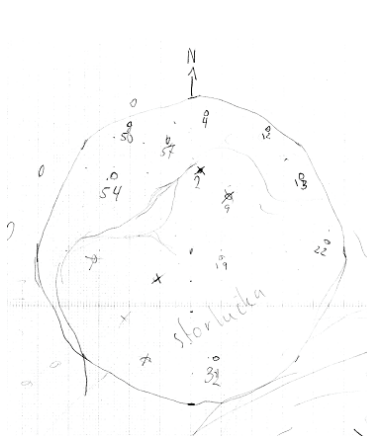


Yta 2

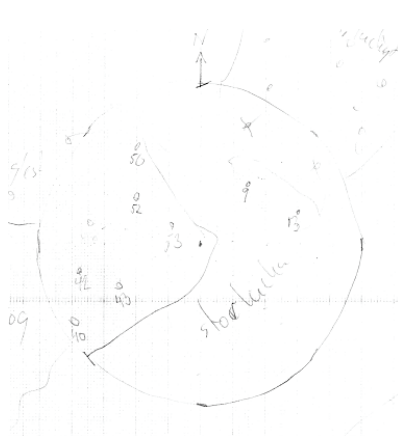
Bilaga 7 , de avritade ytorna för bestånd D:



Yta 1



Yta 2



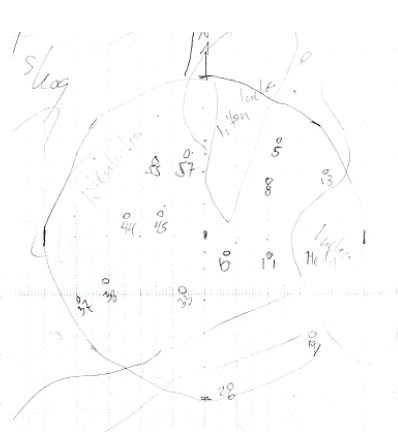
Yta 5



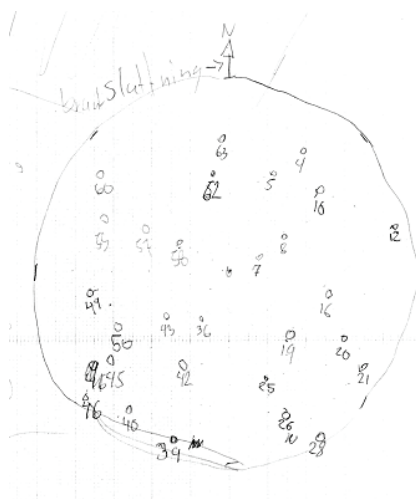
Yta 6



Yta 8



Yta 14



Yta 15





**Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap**  
SLU  
Box 49  
SE-230 53 Alnarp

Telefon: 040-41 50 00  
Telefax: 040-46 23 25

**Southern Swedish Forest Research Centre**  
Swedish University of Agricultural Sciences  
P.O. Box 49, SE-230 53 Alnarp  
Sweden

Phone: +46 (0)40 41 50 00  
Fax: +46 (0)40 46 23 25